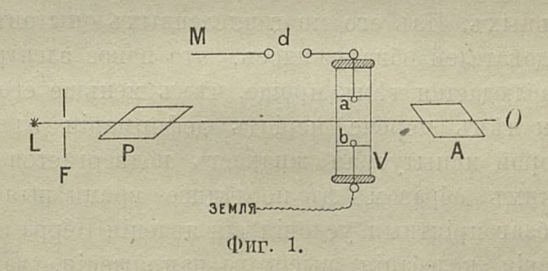
ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1906 г. ТОМЪ 7 No 2.

Двойное лучепреломленіе въ жидкостяхъ, помѣщенныхъ въ магнитномъ полѣ.

Г. Г. Де-Метцъ.

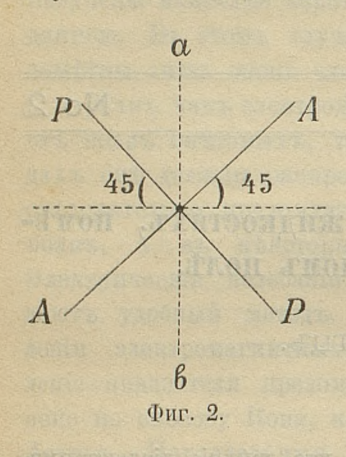
1. Въ 1875 г. Керръ показалъ, что жидкіе діэлектрики, помѣщенные въ полѣ дѣйствія электрическихъ силъ, пріобрѣтаютъ особыя свойства и дѣйствуютъ на проходящій чрезъ нихъ лучъ свѣта какъ одноосные положительные или отрицательные кристаллы, причемъ направленію оптической оси здѣсь соотвѣтствуетъ направленіе силовыхъ линій. Наблюденіе этого интереснаго явленія удается просто, если опытъ расположить согласно фиг. 1 такъ, чтобы лучъ однороднаго свѣта LO сначала прохо-



Фиг. 1.

дилъ чрезъ щель F и поляризующій николь P, а потомъ проникалъ чрезъ стеклянный сосудъ V съ испытуемою жидкостью между электродами a, b и, наконецъ, выходилъ чрезъ анализирующій николь A въ глазъ наблюдателя O. Нужно, однако, выполнить еще нѣкоторыя условія, чтобы опытъ удался вполнѣ. Лучъ свѣта LO долженъ итти нормально къ силовымъ линіямъ электрическаго поля ab и къ плоскости чертежа, какъ показан-

на фиг. 2, а главныя сѣченія *PP* и *AA* обоихъ николей должны составлять уголъ въ 45° съ направленіемъ силовыхъ линій *ab* и уголъ въ 90° между собою. Электроды *a*, *b* могутъ имѣть форму шариковъ или пластинокъ и служить такимъ образомъ какъ бы обкладками конденсатора; Керръ отводилъ электродъ *b* къ землѣ, а электродъ *a* соединялъ то съ электростатическою машиною *M*, то съ индукторомъ Румкорфа, непосредственно, или чрезъ разрядное разстояніе *d*.



Фиг. 2.

При такихъ условіяхъ опыта оптическое поле казалось темнымъ, пока между электродами *a*, *b* не было разности потенціаловъ; но какъ только послѣдняя устанавливалась отъ дѣйствія машины *M*, поле просвѣтлялось. Просвѣтленіе тѣмъ замѣтнѣе, чѣмъ большая разность потенціаловъ на электродахъ *a*, *b*; чѣмъ длиннѣе электроды въ направленіи параллельномъ проходящему лучу *LO* и чѣмъ они ближе расположены другъ къ другу. Керръ показалъ, что открытое имъ электрооптическое явленіе присуще огромному классу жидкихъ тѣлъ, свыше 100, причемъ онъ нашелъ, что однѣ жидкости пріобрѣтаютъ оптическія свойства такъ называемыхъ положительныхъ кристалловъ, а другія— отрицательныхъ. Изъ его многочисленныхъ опытовъ и опытовъ его послѣдователей обнаружилось, что новое электрооптическое явленіе наблюдается тѣмъ проще, чѣмъ меньше его электропроводность и чѣмъ короче періодъ деформаціи электрическихъ силъ, которой испытуемая жидкость подвергается въ данномъ полѣ. Такимъ образомъ въ послѣднее время выяснилось, что наиболѣе благопріятныя условія для явленія Керра суть быстрыя электрическія колебанія высокаго напряженія, малая электропроводность испытуемой жидкости и значительная длина электродовъ въ направленіи луча свѣта. Однако, неяснаго осталось еще не мало. Опыты показали, что величина двойного преломленія, при равенствѣ всѣхъ прочихъ условій, у различныхъ жидкостей различна, и что она зависитъ по всей вѣроятности отъ молекулярныхъ свойствъ самой жидкости. Достаточно будетъ указать здѣсь, что по недавнимъ измѣреніямъ Шмидта оптиче-

скій эфектъ въ такихъ физически и химически различныхъ тѣлахъ, какъ вода, сѣрнистый углеродъ и хлороформъ, оказался одинъ и тотъ же по величинѣ, а въ нитробензолѣ въ 60 разъ больше, чѣмъ въ сѣрнистомъ углеродѣ, хотя нитробензолъ обладаетъ большею электропроводностью, чѣмъ сѣрнистый углеродъ.

Если Керру не удалось раскрыть основную причину и показать, отъ чего въ той или другой жидкости зависитъ знакъ и величина оптическаго эфекта, то все-таки онъ нашелъ общій законъ, которому слѣдуетъ открытое имъ явленіе въ одной и той же жидкости. Оказалось, что наблюдаемая разность хода между обыкновеннымъ и необыкновеннымъ лучами Δ въ доляхъ свѣтовой волны λ равна

$$\Delta = \frac{B\,p^2 l}{a^2}. \tag{1}$$

Въ этомъ уравненіи B есть нѣкоторая постоянная, зависящая отъ природы испытуемой жидкости; p—наблюдаемая разность потенціаловъ на погруженныхъ въ нее электродахъ; l—длина электродовъ въ направленіи луча свѣта; a—разстояніе между ними. По лучшимъ измѣреніямъ, сдѣланнымъ Лемуаномъ надъ сѣрнистымъ углеродомъ,

$$B = 3{\cdot}70.10^{-7}. \tag{2}$$

Кромѣ всего сказаннаго, Керръ позже подмѣтилъ еще одно, на мой взглядъ, очень важное обстоятельство. Онъ нашелъ, что непосредственный эфектъ электрической деформаціи на лучъ свѣта, проходящій между наэлектризованными электродами, состоитъ не только въ томъ, что жидкость вообще становится двояко-преломляющею, но и въ томъ, что наблюдаемое положительное или отрицательное запаздываніе зависитъ исключительно отъ одной составляющей свѣта, колебанія коей совпадаютъ съ направленіемъ силовыхъ линій поля, а не отъ обѣихъ, какъ этого слѣдовало бы ожидать по общепринятой теоріи поляризаціи діэлектрика. Такимъ образомъ свѣтовыя колебанія, направленныя вдоль силовыхъ линій, испытываютъ замедленіе или ускореніе, смотря по оптическому знаку жидкости, а свѣтовыя колебанія, направленныя перпендикулярно къ силовымъ линіямъ, не измѣняютъ скорости своего распространенія. Этотъ важный

выводъ Керръ сдѣлалъ на основаніи детальнаго изслѣдованія двухъ оптически положительныхъ жидкостей: сѣрнистаго углерода и парафиноваго масла и двухъ оптически отрицательныхъ жидкостей: сурѣпнаго и тюленеваго маслъ.

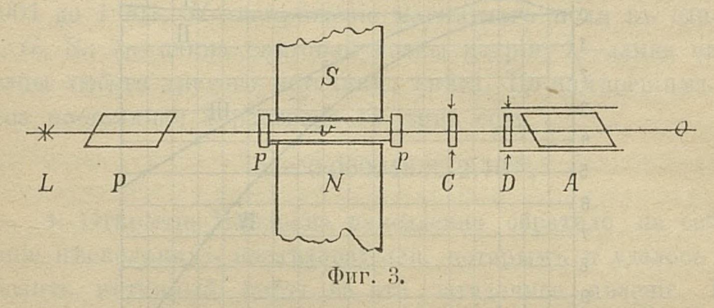
Таковы въ немногихъ словахъ главные результаты, которые были добыты въ періодъ съ 1875 г. по 1902 г. по этому интересному вопросу.

2. Послѣ достигнутыхъ въ этой области успѣховъ было совершенно естественно спросить себя, не происходитъ ли что либо подобное въ полѣ дѣйствія магнитныхъ силъ. Эта мысль мнѣ пришла въ голову уже въ 1901 г., и я тогда же сдѣлалъ рядъ соотвѣтственныхъ опытовъ, избравъ объектами своего изслѣдованія крѣпкіе растворы, около 30%, полуторахлористаго желѣза въ водѣ и въ алкоголѣ, сѣрнокислаго желѣза въ водѣ и нѣсколько діамагнитныхъ жидкостей. Магнитное поле было очень сильное; оно было образовано между двумя узкими наконечниками большого электромагнита Румкорфа, черезъ который проходилъ токъ въ 50 амперъ. Испытуемые растворы помѣщались въ стеклянномъ сосудѣ толщиною и шириною въ одинъ сантиметръ, а лучъ свѣта шелъ чрезъ нихъ поперекъ поля, по аналогіи съ только-что описаннымъ явленіемъ Керра (фиг. 2).

Всѣ мои попытки, однако, не привели меня ни къ какому положительному результату, и искомаго оптическаго явленія я не нашелъ. Позже въ моемъ распоряженіи былъ жидкій воздухъ, который, какъ извѣстно, представляетъ собою очень сильное парамагнитное тѣло. Поэтому я еще разъ попытался поискать явленіе временнаго двойнаго лучепреломленія въ магнитномъ полѣ и на этотъ разъ удлинилъ свой сосудъ до 7 cm. въ направленіи проходящаго луча свѣта, чтобы усилить дѣйствіе поля на лучъ, но и это усиліе не увѣнчалось успѣхомъ. Отсюда я пришелъ къ заключенію, что аналогія въ данномъ случаѣ не оправдывается, ибо я подвергъ своему изслѣдованію цѣлый рядъ пара—и діамагнитныхъ растворовъ и жидкостей въ условіяхъ благопріятныхъ для намѣченной цѣли.

3. Поэтому я былъ пріятно удивленъ, когда въ 1902 г. познакомился съ работами Майорана по временному двойному преломленію свѣта въ магнитномъ полѣ, увѣнчавшимися, повидимому, полнымъ успѣхомъ. На фиг. 3-й помѣщено схематическое расположеніе его опытовъ: *L*—источникъ свѣта, *P*—

поляризующій николь; *V*—стеклянный сосудъ съ испытуемой жидкостью; *N*—*S*—полюсы сильнаго электромагнита; *C* и *D*—стеклянныя пластинки, сжатіемъ или растяженіемъ которыхъ можно было компенсировать слѣды двойнаго лучепреломленія самыхъ стѣнокъ сосуда *V* и измѣрять искомую разность хода по знаку и величинѣ; *A*—анализирующій николь; *O*—глазъ



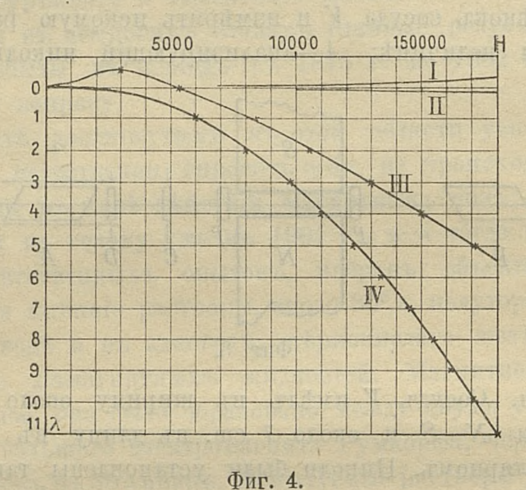
Фиг. 3.

наблюдателя. Сосудъ *V* имѣлъ въ ширину около 0·8 cm. въ направленіи *N*—*S* и около 7 cm. въ длину въ направленіи перпендикулярномъ. Николи были установлены такъ же, какъ въ опытѣ Керра (фиг. 2), т. е. ихъ главныя сѣченія были перпендикулярны между собою и составляли уголъ въ 45^0 съ направленіемъ силовыхъ линій поля. Сила поля достигала 18000 единицъ *C. G. S*, а чувствительность оптической установки была такова, что можно было наблюдать разность хода въ 0·004 λ.

Итакъ, явленіе временнаго двойнаго лучепреломленія оказалось открытымъ, и теперь весь вопросъ состоитъ въ томъ, чтобы уяснить себѣ, какъ Майорана достигъ этого. Изъ его опытовъ выяснилось, что далеко не всѣ растворы парамагнитныхъ тѣлъ пригодны для этой цѣли. Напротивъ того, только исключительнымъ образомъ приготовленные растворы коллоидальнаго желѣза дали искомое оптическое явленіе съ разностью хода въ 5 λ и даже въ 11 λ, а остальные растворы солей желѣза или ничего не давали, или-же давали очень мало. Такъ напримѣръ, въ растворѣ хлорнаго желѣза разность хода по измѣреніямъ Майорана едва достигала 0·02 λ—0·03 λ.

Отсюда понятно, что явленіе Майорана не есть общее, а принадлежитъ только коллоидальнымъ растворамъ желѣза. Вотъ почему онъ и обратилъ пока на нихъ свое особое вниманіе и раздѣлилъ ихъ на слѣдующіе четыре типа по ихъ оптическимъ свойствамъ:

1. Первый типъ, въ которомъ двойное лучепреломленіе по знаку положительно, а по ходу избирается I кривою приложенной діаграммы фиг. 4-й; его не легко получить изъ обыкновенныхъ препаратовъ.



Фиг. 4.

2. Второй типъ, въ которомъ двойное лучепреломленіе по знаку отрицательно, а по ходу изображено II кривою діаграммы; онъ рѣдокъ и получается изъ свѣжихъ препаратовъ желѣза Бравэ.

3. Третій типъ, въ которомъ двойное лучепреломленіе по знаку сначала положительно, а затѣмъ отрицательно, а по ходу изображено III кривою діаграммы; онъ получается изъ очень старыхъ препаратовъ желѣза Бравэ, коихъ давность не менѣе 10 лѣтъ.

4. Четвертый типъ, въ которомъ двойное лучепреломленіе по знаку вначалѣ положительно, а потомъ на остальномъ протяженіи отрицательно, и по ходу изображено IV кривою діаграммы; онъ такъ же очень рѣдокъ. Послѣдній типъ растворовъ обнаруживаетъ не только двойное лучепреломленіе, но и особое *явленіе бимагнитнаго вращенія плоскости поляризаціи*, вращенія, которое въ отличіе отъ Фарадеевскаго совершается не въ направленіи силовыхъ линій, а въ направленіи къ нимъ перпендикулярномъ.

Майорана нашелъ, что зависимость между разностью хода Δ и остальными параметрами, характеризующими это явле-

ніе, съ достаточнымъ приближеніемъ выражается уравненіемъ

$$\Delta = \frac{k\,l\,(\delta - 1)\,H^2\,\lambda^2_D}{\lambda^2}, \qquad (3)$$

въ которомъ k есть нѣкоторая постоянная; l (=7 cm.)—длина сосуда въ направленіи луча свѣта; δ—плотность раствора отъ 1·001 до 1·002; H—напряженіе магнитнаго поля въ единицахъ *C. G. S.*; λ_D—длина свѣтовой волны натрія; λ—длина свѣтовой волны любого другого источника свѣта. По измѣреніямъ Майорана постоянная k раствора IV типа есть

$$k = 0{\cdot}000048 \pm 2.10^{-8}. \qquad (4)$$

4. Открытіе Майорана немедленно обратило на себя вниманіе нѣсколькихъ изслѣдователей, которымъ и удалось вскорѣ пролить истинный свѣтъ на это загадочное явленіе. Прежде всего повтореніемъ опытовъ Майорана занялся Шмауссъ, а нѣсколько позже Дю-Пре-Деннингъ, причемъ и они констатировали то же, что и я, а именно, что растворы изъ химически опредѣленныхъ солей желѣза не обнаруживаютъ искомаго оптическаго эфекта. Напротивъ того, коллоидальные его растворы очень пригодны для этой цѣли, причемъ явленіе выступаетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ старѣе растворъ. На этотъ признакъ Шмауссъ обратилъ свое особое вниманіе и пришелъ потомъ къ заключенію, что по всей вѣроятности явленіе Майорана обусловливается неоднородностью состава коллоидальныхъ растворовъ желѣза, и что въ нихъ должны быть взвѣшанныя частицы. Такое воззрѣніе на коллоидальные растворы не ново; раньше Шмаусса его высказывали многіе другіе авторы, поэтому въ данномъ случаѣ весьма важно было бы дать прямое подтвержденіе этой мысли и доказать вліяніе взвѣшанныхъ частицъ въ коллоидальномъ растворѣ на оптическій эфектъ Майорана.

Къ сожалѣнію, точное рѣшеніе этой задачи очень трудно, такъ какъ присутствіе взвѣшенныхъ частицъ въ растворѣ нельзя установить при помощи обыкновенныхъ микроскопическихъ изслѣдованій; однако, нашли возможность обойти эту трудность, изслѣдуя свойства натуральнаго луча свѣта, отраженнаго отъ нормальнаго раствора и отъ коллоидальнаго. При этомъ оказалось, что при отраженіи отъ нормальнаго раствора отраженный лучъ остается натуральнымъ, а при отраженіи отъ

коллоидальнаго раствора онъ поляризуется. Причину послѣдняго явленія усматривали именно въ неоднородности раствора.

Такимъ образомъ предположеніе Шмаусса въ сущности какъ-бы не вносило ничего новаго, но важна была его догадка, что явленіе Майорана можетъ находиться въ связи съ этими воображаемыми взвѣшанными частицами неоднороднаго раствора.

На гипотезу Шмаусса обратили вниманіе Коттонъ и Мутонъ и при помощи такъ называемой ультрамикроскопіи они въ самомъ дѣлѣ нашли въ растворахъ желѣза Бравэ взвѣшанныя частицы, причемъ имъ удалось доказать, что чѣмъ данный растворъ оптически дѣятельнѣе, тѣмъ размѣры взвѣшанныхъ въ немъ частицъ больше. Однако и самыя большія изъ нихъ все-таки по своимъ размѣрамъ ультрамикроскопичны. Особенное свойство этихъ частицъ, поразившее Коттона и Мутона,—ихъ непрерывное движеніе, такъ называемое бровновское движеніе. Сдѣлавъ столь важныя открытія въ этой области молекулярной физики, эти талантливые изслѣдователи стали искать способовъ для усиленія оптической дѣятельности свѣжихъ растворовъ, причемъ оказалось, что для этого было достаточно свѣже приготовленную жидкость заключить въ запаянную стеклянную трубку и нагрѣвать ее до 100 Ц°. въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго времени. Вслѣдствіе этой операціи частицы увеличиваются, а вмѣстѣ съ тѣмъ усиливается и оптическая дѣятельность раствора. Опытъ показалъ, что при 4 часовомъ нагрѣваніи даннаго раствора двойное лучепреломленіе въ немъ усиливается въ 40 разъ, и что оно возрастаетъ затѣмъ почти пропорціонально квадрату напряженія магнитнаго поля, сохраняя все время положительный оптическій знакъ. Такимъ образомъ при нагрѣваніи раствора исчезаетъ инверсія знака, которую мы видимъ на діаграммахъ Майорана (фиг. 4). По наблюденіямъ Коттона и Мутона продолжительное нагрѣваніе настолько измѣняетъ физическій характеръ коллоидальнаго желѣза, что уже невооруженнымъ глазомъ легко замѣтить увеличеніе его свѣторазсѣянія и вязкости, а непрерывное наблюденіе въ ультрамикроскопъ наглядно показываетъ, какъ растутъ взвѣшанныя частицы; послѣ 4 часоваго нагрѣванія частицы ужъ такъ велики, что, повинуясь дѣйствію тяжести, осѣдаютъ на дно сосуда.

На основаніи всего сказаннаго Коттонъ и Мутонъ доказали, что случайное двойное преломленіе свѣта коллоидальныхъ растворовъ желѣза не только зависитъ отъ ихъ неоднородности, но что самая величина оптическаго эфекта находится въ прямой зависимости отъ размѣра взвѣшанныхъ частицъ.

Покончивъ съ этою стороною вопроса, тѣ же авторы задались цѣлью поставить его на новую точку зрѣнія. До сихъ рѣчь шла лишь о парамагнитныхъ тѣлахъ, а Коттонъ и Мутонъ рѣшили испытать еще и другія тѣла. Послѣ нѣсколькихъ пробъ они нашли немагнитный растворъ, обладавшій оптическими свойствами коллоидальнаго желѣза. Они составили его, смѣшавъ слабые растворы углекислаго натра и азотнокислаго кальція. Въ смѣси этихъ растворовъ плавали кристиллики углекислаго кальція; съ ними они получили явленіе Майорана и даже наблюдали бимагнитное вращеніе плоскости поляризаціи, по аналогіи съ коллоидальнымъ растворомъ IV типа Майорана.

Такимъ образомъ, разъяснивъ одну загадку, Коттонъ и Мутонъ задали въ свою очередь другую, изъ чего видно, что явленіе Майрана гораздо сложнѣе, чѣмъ это казалось вначалѣ. Съ своей стороны они думаютъ, что взвѣшанныя частицы, находясь въ постоянномъ бровновскомъ движеніи, оріентируются въ магнитномъ полѣ только тогда, когда онѣ достигаютъ нѣкоторой опредѣленной величины. Коль скоро въ данномъ растворѣ взвѣшанныя частицы меньше, то бровновскія движенія мѣшаютъ оріентировкѣ въ магнитномъ полѣ, и явленіе Майорана дѣлается невозможнымъ.

5. Для выясненіи свойствъ магнитнаго поля и его дѣйствія на лучъ свѣта слѣдуетъ указать еще на другую аналогію явленія Майорана съ явленіемъ Керра. Эту особенность отмѣтили также Коттонъ и Мутонъ на основаніи слѣдующаго опыта. Они ввели дѣятельную жидкость въ полую призму и помѣстили послѣднюю между полюсами электромагнита; черезъ означенную призму они визировали щель коллиматора, освѣщенную монохроматическимъ свѣтомъ. При такихъ условіяхъ они видѣли въ фокальной плоскости зрительной трубки то раздвоенное изображеніе щели, то одинарное, смотря по тому, проходилъ-ли токъ черезъ электромагнитъ, или-же нѣтъ. Изучая расположеніе раздвоенныхъ линій относительно центральнаго положенія одинарной линіи, они нашли, что раздвоенныя линіи лежатъ

несимметрично относительно одинарной. Сдѣлавъ соотвѣтственныя изслѣдованія и измѣренія показателей преломленія, Коттонъ и Мутонъ пришли къ выводу, что показатель преломленія свѣтовыхъ колебаній, направленныхъ параллельно силовымъ линіямъ магнитнаго поля, уменьшается почти вдвое сравнительно съ увеличеніемъ показателя преломленія свѣтовыхъ колебаній, направленныхъ перпендикулярно.

Если этотъ результатъ сопоставить съ аналогичнымъ выводомъ Керра, то становится очевидною необходимость дальнѣйшаго и детальнаго изученія намѣченныхъ вопросовъ, дабы выяснить вполнѣ опредѣленно свойства электрическаго и магнитнаго полей и ихъ дѣйствія на матерію. Очевидно, что эти дѣйствія болѣе сложнаго характера, чѣмъ это предполагалъ Максвеллъ.

6. Резюмируя все сказанное, нельзя не прійти къ заключенію, что магнито-оптическое явленіе Майорана далеко не такъ общее какъ электро-оптическое явленіе Керра, и потому въ настоящее время оба эти явленія не могутъ быть разсматриваемы какъ вполнѣ аналогичныя. Нужно надѣяться, однако, что дальнѣйшія работы прольютъ больше свѣта въ эту интересную область, въ особенности, когда удастся значительно увеличить списокъ активныхъ жидкостей, какъ магнитныхъ, такъ и немагнитныхъ. Надежду на такой успѣхъ вселяютъ интересныя изслѣдованія Коттона и Мутона, а также историческое знакомство съ тѣми трудностями, которыя вначалѣ пришлось преодолѣвать тѣмъ, кто занимался явленіемъ Керра.

На мой взглядъ, опыты Майорана нужно поставить рядомъ съ открытіями Фарадея, Зеемана и Керра и считать ихъ одними изъ замѣчательнѣйшихъ, такъ какъ въ нихъ еще разъ обнаруживается глубокая связь между электромагнитными и свѣтовыми явленіями.

Эволюція атома.

Н. А. Умова[1]).

Мм. гг.

Послѣдніе годы изъ научныхъ лабораторій одно за другимъ распространяются извѣстія о новыхъ и новыхъ успѣхахъ естествознанія. Сжиженіе газовъ, полученіе чрезвычайно низкихъ и чрезвычайно высокихъ температуръ, электрическія волны, лучи Рентгена, радіоактивныя свойства матеріи, все это—открытія, вводящія насъ въ міръ явленій, совершенно отличныхъ отъ тѣхъ, которыя составляютъ содержаніе нашей обычной обстановки. Эти открытія имѣютъ глубокое значеніе въ области познанія и все съ большей и большей силой оттѣняютъ несообразность еще значительно распространеннаго предразсудка, полагающаго, что въ основѣ естествознанія лежитъ грубый эмпиризмъ.

Духовная потребность человѣчества составлять себѣ цѣльное міросозерцаніе побуждала его пользоваться наличнымъ запасомъ идей, выросшихъ на почвѣ личныхъ или переданныхъ наблюденій и опыта, почерпнутыхъ въ нашихъ непосредственныхъ ощущеніяхъ. Противополагавшіяся естествознанію ученія, построенныя на матеріалѣ, собранномъ внѣ научнаго изслѣдованія міра явленій и внѣ критики и анализа нашихъ ощущеній, представляютъ въ дѣйствительности картину идейныхъ заключеній, вытекающихъ изъ непосредственнаго эмпиризма. Напротивъ того, наука о природѣ, медленно и осторожно двигаясь по пути познанія, не предрѣшая того, что не можетъ быть рѣшено, съ удивительною ясностью обнаруживаетъ иллюзіи, среди которыхъ мы живемъ и изъ которыхъ мы черпаемъ наше пред-

---

[1]) Рѣчь заслуженнаго профессора Н. А. Умова, сказанная 12 января 1905 г. на актѣ Московскаго Университета.

ставленіе о мірѣ. Я не увѣренъ, что мнѣ удастся раскрыть передъ вами въ достаточной полнотѣ примѣръ, подтверждающій эту мысль, взятый съ еще свѣжаго пути строгаго научнаго опыта и наблюденія; этотъ путь, можно сказать, только вчера привелъ естествоиспытателей къ взгляду на матерію, совершенно не соотвѣтствующему нашему непосредственному ощущенію. Лишь въ рѣдкихъ случаяхъ физика находила возможность при помощи инструментовъ замѣнять обычно испытываемое ощущеніе другимъ, болѣе согласованнымъ съ дѣйствительностью. Этого еще не сдѣлано наукой, ощущеніе вещественности, матеріальности, остается старымъ, и новизна является только въ области пониманія.

Разрушеніе иллюзій, являющееся неизмѣнною чертою работы познанія, приводитъ насъ къ довольно странному вопросу: неужели, одаряя насъ орудіями, необходимыми для самозащиты и жизни, природа сочла за лучшее скрыть свои дѣйствительныя свойства и строеніе, окутавъ ихъ искажающей оболочкой нашихъ чувствованій, какъ будто для цѣлой жизни неправда полезнѣе правды?

Есть только одинъ исходъ изъ овладѣвающаго нами недоумѣнія. Мы должны признать, что неустанная и трудная работа исканія истины, выпавшая на долю человѣческаго разума, свидѣтельствуетъ о томъ, что духовная жизнь человѣчества представляетъ лишь звено въ незаконченной, но продолжающейся эволюціи духовной жизни живого; а новое слово, только что произнесенное наукой, сообщаетъ намъ, что эволюція проникаетъ всю природу, включая и ея неизмѣримо малые элементы, лежащіе внѣ предѣловъ нашихъ чувствованій.

Съ ранняго дѣтства мы воспитываемся въ мысли, что внѣшній міръ состоитъ изъ непроницаемыхъ и неизмѣняемыхъ вещей. Мы окружены тяжелыми, частью твердыми, инертными тѣлами; нужно употреблять усиліе, чтобы нарушить ихъ покой или измѣнить ихъ движеніе. Самыя измѣненія и перемѣны, производимыя какъ нами, такъ и другими силами, по существу даютъ только новыя или повторяющіяся комбинаціи матеріала, остающагося однимъ и тѣмъ же не только въ теченіе нашей личной жизни, но и за время сознательнаго существова-

нія человѣчества. Изученіе движеній этихъ инертныхъ массъ привело къ созданію аналитической механики, давшей намъ возможность наиболѣе экономно, т.-е. въ простѣйшихъ и сжатыхъ чертахъ описать величественный строй мірозданія. Воззрѣнія, которыя естественно вырабатывались въ насъ или которымъ насъ учили, покоились на основѣ, ярко формулированной геніальнымъ англійскимъ физикомъ Максвелломъ въ восьмидесятыхъ годахъ прошлаго столѣтія: „Мы знаемъ,—говоритъ онъ,—что существуютъ естественныя причины, которыя могутъ измѣнить и въ концѣ-концовъ разрушить расположеніе и размѣры земли, планетъ и солнца. Но каковы бы ни были катастрофы въ небесныхъ пространствахъ, въ отдаленномъ будущемъ или въ настоящее время, каково бы ни было разрушеніе старыхъ міровъ и нарожденіе изъ ихъ обломковъ новыхъ, молекулы, изъ коихъ построены эти міры — основные камни мірозданія—не измѣнятся ни въ своихъ размѣрахъ, ни въ своихъ свойствахъ. Сегодня, какъ и въ моментъ творческаго акта, онѣ совершенны въ числѣ, мѣрѣ и вѣсѣ“.

Въ полной гармоніи съ этимъ взглядомъ на элементы неорганизованной природы стояло когда-то царившее ученіе о неизмѣняемости видовъ, какъ краеугольныхъ камней живого. Но настала новая эра, и не только земля, но и ея обитатели, по ученію Дарвина, этого Коперника біологіи, оказались подчиненными непрерывному измѣненію и развитію. Однако эволюція объясняла только постепенное развитіе агрегатовъ молекулъ и атомовъ, не захватывая въ свою область измѣненій природы этихъ элементовъ матеріи. Такой обходъ не только звучалъ анахронизмомъ, но и самыя причины, управлявшія явленіями, отыскивались исключительно въ однихъ внѣшнихъ соотношеніяхъ атомовъ и образованныхъ изъ нихъ формъ. Неизмѣняемые камни мірозданія оставались равнодушными зрителями и безучастнымъ матеріаломъ, не вносившимъ въ жизнь ни одной лепты, ни одного импульса изъ своей загадочной, въ себя замкнувшейся природы. Этотъ анахронизмъ царилъ въ наукѣ по тѣмъ же причинамъ, которыя тормозили когда-то признаніе начала эволюціи въ біологіи и геологіи. Съ одной стороны намъ не были извѣстны матеріи, быстро измѣняющіяся не только въ своемъ состояніи, но и въ своей природѣ, съ другой—извѣстны геологическіе слѣды или остатки матерій, медленно превращающихся.

Въ настоящую минуту наука овладѣла, повидимому, соотвѣтственнымъ матеріаломъ, и на очереди стоитъ уже вопросъ объ эволюціи атома. Мы изучали притяженіе между тѣлами, т.-е. группами атомовъ, напримѣръ, притяженіе между небесными свѣтилами, изучали упругія свойства тѣлъ, т.-е. силы между молекулами или опять между группами атомовъ, химическія взаимодѣйствія, т.-е. силы между атомами, тепловыя явленія, т.-е. нестройныя движенія группъ или отдѣльныхъ атомовъ, и т. д., и въ этихъ атомахъ мы видѣли не болѣе, какъ твердые камешки или просто шашки съ ярлыками: водородъ, кислородъ, калій и т. д. Мы были какъ будто туристами въ большомъ городѣ, наблюдая только его внѣшнюю уличную жизнь и не проникая въ дома этого города, оставались чуждыми его внутренней жизни.

Представленіе объ атомѣ введено сто лѣтъ тому назадъ Дальтономъ для объясненія закона краткихъ пропорцій. Оно получило въ химіи многостороннее примѣненіе, такъ какъ на немъ строится представленіе о молекулѣ, безъ котораго современная химія немыслима. Въ то время, какъ накоплялись и совершенствовались нами познанія о молекулѣ, понятіе объ атомѣ, за исключеніемъ внѣшнихъ признаковъ сродства и валентности, исчерпывалось его опредѣленіемъ; химія не нуждалась въ болѣе обстоятельныхъ свѣдѣніяхъ о его природѣ, такъ какъ главнымъ его свойствомъ была неизмѣняемость: онъ былъ абсолютно неизмѣняемой и недѣлимой матеріальной частицей. Говорить о запасѣ энергіи въ атомѣ было по этому и излишне, и безцѣльно.

Теперь этотъ взглядъ поколебленъ, и вамъ понятна вся важность новыхъ воззрѣній не только въ смыслѣ нашего разумѣнія природы, но и чисто практическаго свойства, обусловливаемая тѣмъ, что эволюція или измѣненія въ живомъ происходятъ среди измѣняющагося въ своихъ основахъ міра.

Новые взгляды затронули и нѣкоторые законы природы, считавшіеся основными.

Изучаемая наукой внѣшняя жизнь вселенной управляется слѣдующими тремя законами: закономъ сохраненія матеріальной массы, закономъ сохраненія количества энергіи и закономъ измельченія или разсѣянія этой энергіи. Остановимся пока на двухъ послѣднихъ. Выражаясь популярно, они означаютъ, что

капиталъ, на счетъ котораго происходятъ всѣ обороты въ природѣ, остается неизмѣннымъ, но переходитъ все къ болѣе и болѣе мелкимъ собственникамъ, не способнымъ къ ассоціаціи. Производительность капитала или работоспособность энергіи понижается естественными процессами природы. Этотъ возрастающій минусъ или, говоря языкомъ науки, ростъ энтропіи, ведетъ міръ по ходячему представленію къ смерти.

Можно набросать параллель этой картинѣ.

Представьте себѣ часы съ геніально задуманнымъ механизмомъ, которые преднамѣренно или по непостижимой случайности, или по отсутствію практической опытности были бы построены своимъ творцомъ изъ матеріала, развивающаго большое треніе въ осяхъ, цѣпяхъ, зубцахъ. Такой механизмъ хотя и медленно, но неизмѣнно шелъ бы къ остановкѣ. Не потревожитъ ли вашу мысль жгучій вопросъ — къ чему же было потрачено столько генія, столько ума, столько творческой силы на изобрѣтеніе и построеніе чудной машины? Для чего было пускать ее въ ходъ.

И въ этомъ вопросѣ, тождественномъ съ тѣмъ, который рождается у насъ при взглядѣ на строеніе нашего въ медленной агоніи угасающаго міра, новѣйшіе успѣхи физики открываютъ обнадеживающіе просвѣты.

Новые факты даютъ указанія и въ далекое прошлое. Наука выработала методы, открывающія возможность въ лабораторіи въ промежутокъ времени очень короткій опредѣлять, какъ это ни странно, долговѣчность различныхъ видовъ матеріи, отъ нѣсколькихъ секундъ до чиселъ, превосходящихъ въ тысячи и милліоны разъ продолжительность жизни человѣческой. Съ цифрами въ рукахъ мы отодвигаемъ начало нашего міра еще далѣе, чѣмъ это было сдѣлано до сего времени. И это вымираніе нѣкоторыхъ матерій не обращаетъ міръ въ кладбище безформенныхъ, ненужныхъ останковъ: оно сопровождается выдѣленіемъ энергіи изъ глубочайшихъ тайниковъ природы, нами доселѣ неподозрѣвавшихся, а эти остатки льютъ намъ лучи свѣта съ блестящихъ дисковъ небесныхъ свѣтилъ.

Кругъ новыхъ фактовъ и выросшихъ на ихъ почвѣ новыхъ идей нельзя признать вполнѣ законченнымъ и во всѣхъ своихъ частяхъ одинаково достовѣрнымъ. Но важность затрогиваемыхъ имъ интересовъ и его захватывающее вліяніе на

современное движеніе научной мысли столь значительны, что я счелъ достойной настоящаго торжества попытку ознакомить васъ, хотя бѣгло, съ главнѣйшими чертами послѣднихъ успѣховъ естествознанія.

Около начала XVIII столѣтія двѣ теоріи оспаривали другъ у друга рѣшеніе вопроса о томъ, что такое свѣтъ. Одна изъ нихъ, предложенная Гюйгенсомъ, видѣла въ свѣтѣ волненіе эѳира, съ громадною скоростью бѣгущее во всѣ стороны изъ свѣтящагося тѣла; другая, творцомъ который былъ геніальный Ньютонъ, учила, что источники свѣта выбрасываютъ изъ себя съ громадными скоростями мельчайшія частицы, которыя, проникая въ глазъ, вызываютъ ощущеніе свѣта.

Въ то время побѣду одержала теорія истеченія Ньютона, и только черезъ сотню лѣтъ ее поколебали новыя открытія, и представленіе о свѣтѣ, какъ волненіи разлитой въ пространствѣ среды эѳира, утвердилось въ наукѣ.

Остановимся на характерномъ различіи двухъ типовъ излученій, предусмотрѣнныхъ двумя великими естествоиспытателями—Гюйгенсомъ и Ньютономъ. Различіе выражается въ отношеніи этихъ лучей къ закону роста энтропіи. Съ точки зрѣнія Гюйгенса колебанія частицы свѣтящагося тѣла сообщаютъ опредѣленную энергію смежнымъ частицамъ эѳира. Эта энергія бѣжитъ все болѣе и болѣе расширяющеюся волною, распредѣляясь на большее и большее число частицъ. Энергія мельчаетъ, теряетъ свою работоспособность, разсѣивается. Въ теченіе почти цѣлаго столѣтія эти взгляды переносились на новые и новые, уже невидимые лучи, открывавшіеся наукой, и мы усматривали въ мірѣ волны эѳира, видимыя и невидимыя во всѣхъ направленіяхъ, разсѣивающія, обезцѣнивающія энергію.

Иное представляетъ собой ученіе Ньютона: оно можетъ быть названо баллистической теоріей. Источникъ свѣта — тотъ же пулеметъ. Каждая изъ выпущенныхъ пуль обладаетъ опредѣленной энергіей, она не размѣниваетъ ее, не раздаетъ ее направо и налѣво и, если не встрѣчаетъ препятствій, несетъ ее во вселенной, сохраняя, а не разсѣивая. Встрѣчая на своемъ пути какія-либо препятствія, она ихъ бомбардируетъ и, отдавая имъ свою, повышаетъ ихъ энергію. Лучи Ньютона обладаютъ

еще одной особенностью: подобно пулемету, они разсѣиваютъ матерію.

Эти два представленія о лучахъ считались исключающими другъ друга.

Какое же изъ нихъ признается вѣрнымъ въ настоящую минуту? Оба. Идея Ньютона не погибла, она воскресла въ новыхъ, сравнительно недавно узнанныхъ радіаціяхъ. Въ этомъ фактѣ лежитъ много поучительнаго для философіи науки. Откровенія, рождающіяся изъ непрерывнаго общенія съ природою, лишь временами отходя на задній планъ, остаются все-таки вѣчнымъ достояніемъ духовной сокровищницы человѣчества.

Новые лучи, которые по справедливости слѣдовало бы назвать ньютоніанскими, и сопровождающія ихъ явленія, составили эру въ движеніи физическаго знанія. Къ волнамъ эѳира, этимъ курьерамъ, разносящимъ вѣсти о совершающемся по всѣмъ странамъ свѣта, къ перемѣщеніямъ громадныхъ массъ небесныхъ свѣтилъ, прикованнымъ въ своихъ движеніяхъ къ неизмѣннымъ орбитамъ или, подобно кометамъ, свободно совершающимъ свой полетъ, присоединилась еще странствующая, тончайшая матерія, частицы которой прямолинейно, лучами, выбрасываются изъ тѣлъ, непригодныхъ къ существованію. По идеѣ Ньютона, лучи, несшіе свѣтъ, состояли изъ особой матеріи; эта особенность теперь усматривается нами въ томъ, что излучаемая матерія несетъ электрическіе заряды, что она наэлектризована.

Моменты торжества идей Ньютона отдѣляются эпохой, установившей два ученія, несогласныя другъ съ другомъ и съ современными взглядами. Тѣмъ не менѣе, эти ученія послужили плодотворной подготовкой къ пониманію открытыхъ явленій и, въ концѣ-концовъ, объединились въ ньютоніанскихъ потокахъ тончайшаго наэлектризованнаго вещества.

Одна изъ этихъ теорій была создана въ первой половинѣ прошлаго вѣка знаменитымъ физикомъ Вильгельмомъ Веберомъ. Онъ былъ близокъ къ представленію объ электрическомъ атомѣ и установилъ законъ взаимодѣйствія движущихся электрическихъ частицъ. Онъ полагалъ, что это взаимодѣйствіе не требовало для своего осуществленія какой-либо промежуточной среды: оно обнаруживалось и черезъ пустое пространство; его

величина зависѣла не только отъ разстоянія между частицами, какъ въ случаѣ покоющихся электрическихъ массъ, но и отъ скорости ихъ движенія. И, что весьма важно, по этой теоріи, движущіяся электрическія частицы должны отклоняться отъ своихъ путей подъ дѣйствіемъ магнитныхъ силъ.

Другое ученіе возникло во второй половинѣ прошлаго вѣка изъ идей Фарадея и исходило изъ положенія, что сила не можетъ дѣйствовать на разстояніи безъ матеріальнаго посредника или передатчика. Эта идея послужила къ построенію величаваго ученія объ электромагнитныхъ явленіяхъ геніальнымъ физикомъ Максвелломъ.

По ученію Максвелла, электрическія частицы или жидкости не существуютъ. Электрическій зарядъ какого-нибудь тѣла есть не что иное, какъ обнаруживающееся измѣненіе механическаго состоянія окружающаго эѳира. Только привлекая эѳиръ, становится понятнымъ, что періодическія измѣненія въ величинѣ электрическаго заряда могутъ вызвать волны, которыя несутся въ пространствѣ съ такою же скоростью, какъ свѣтъ. Эти волны, встрѣчая на своемъ пути тѣла, обнаруживаются въ нихъ электрическими и магнитными явленіями. Рано погибшій физикъ Гертцъ первый обнаружилъ ихъ и ими уже пользуется техника въ телеграфіи безъ проводовъ.

Такимъ образомъ новая теорія показала, что роль эѳира не ограничивается только возбужденіемъ свѣтовыхъ ощущеній въ нашей сѣтчаткѣ; эѳиръ является передатчикомъ всѣхъ силъ, дѣйствующихъ во вселенной. Свѣтъ оказался тоже электромагнитной волной.

Какимъ же образомъ совершился синтезъ двухъ приведенныхъ теорій Вебера и Максвелла?

Электромагнитная волна представляется исходящею изъ колеблющихся электрическихъ зарядовъ. Свѣтовую волну мы представляемъ себѣ исходящею изъ колеблющихся матеріальныхъ частицъ пламени или раскаленныхъ тѣлъ. И тѣ, и другія волны суть волны одного и того же эѳира и переносятся имъ съ одинаковою скоростью.

Итакъ, двѣ, повидимому, разнородныя причины, электричество и матерія, могутъ одинаково волновать эѳиръ. Не представляется ли поэтому естественною мысль, что эти разнород-

ные источники, электричество и матерія, суть только разныя формы, подъ которыми нами признается одна и та же вещь?

Эта вещь, объединяющая въ себѣ и матерію, и электричество, есть электрическій атомъ или, употребляя названіе предложенное Стонейемъ, электронъ.

Еще въ 1881 году Гельмгольтцъ въ одной изъ своихъ рѣчей высказалъ мысль, что на электричество нужно перенести нѣкоторыя свойства, приписываемыя нами матеріи, а именно слѣдуетъ допустить, что оно состоитъ изъ неизмѣняемыхъ электрическихъ атомовъ. Съ тѣхъ поръ прошло два слишкомъ десятка лѣтъ, и современная наука выражаетъ эту мысль такъ: съ каждымъ электрическимъ зарядомъ неизмѣняемо связано нѣкоторое количество матеріи. Отсюда можно сказать a priori, что электрическій атомъ, способный присоединиться къ матеріи или переходить отъ одной матеріи къ другой, долженъ нести количество электричества, равное наименьшему электрическому заряду, который обнаруживался гдѣ-нибудь какъ спутникъ атома матеріи.

Давно извѣстны явленія электролиза, т. е. разложенія тѣлъ дѣйствіемъ электрическаго тока. Къ такимъ тѣламъ или электролитамъ принадлежатъ, напримѣръ, водные растворы кислотъ. При растворенiи, молекулы кислотъ разрываются на части—іоны, заряженные положительно и отрицательно. По силѣ электрическаго тока, его продолжительности и количеству разложенной кислоты, можно опредѣлить зарядъ, приходящійся на долю каждаго іона. Этимъ путемъ носителемъ наименьшаго заряда оказался атомъ водорода. Всѣ остальные заряды, переносимые матеріей, будутъ кратными этого наименьшаго количества. Оно-то и должно быть приписано электрону. Весь ли атомъ водорода образуетъ матеріальную массу электрона, или электронъ есть не болѣе какъ спутникъ іона водорода, на это можетъ отвѣтить только опытъ.

Въ приведенныхъ разсужденіяхъ мы не избѣгли, однако, дуализма; мы составили нѣкоторую новую единицу природы, новую монаду, изъ вещи понятной—матеріальной массы и непонятной—электричества. Этотъ дуализмъ мы замѣнимъ другимъ, болѣе удобнымъ, введя фарадей-максвелловское представленіе о роли эѳира въ передачѣ электрическихъ силъ.

Подойдемъ къ вопросу нѣсколько издалека. Разсказываетъ ли намъ ощущеніе музыкальнаго тона о томъ механическомъ процессѣ, который происходитъ въ воздушной звучной волнѣ, рисуетъ ли оно дрожанія струнъ, его вызвавшія? Ухо есть инструментъ, передающій своеобразной, ощущаемой, но не понимаемой отмѣткой, доступное пониманію, но невидимое механическое явленіе. Точно такъ же и то, что мы называемъ электрическимъ зарядомъ, есть воспринимаемая отъ нашихъ инструментовъ отмѣтка связи матеріи съ эѳиромъ. Такимъ образомъ электрическій атомъ или электронъ есть частица матеріи, обладающая одной, недѣлимой и неотчуждаемой связью съ эѳиромъ. Итакъ, на мѣсто дуализма электричества и матеріи мы ставимъ временно болѣе удобный для механическаго представленія дуализмъ матеріи и эѳира; къ нему мы еще вернемся.

Желая очертить передъ вами довольно отчетливо представленіе объ электронѣ, я забѣгу нѣсколько впередъ.

Матерія содержитъ безчисленное множество положительныхъ и отрицательныхъ электроновъ. Въ молекулахъ они нейтрализуютъ другъ друга. Разорванныя части молекулъ содержатъ или положительные, или отрицательные электроны. Эти части называются іонами и образованіе ихъ—іонизаціей. Опытъ показываетъ, что отрицательные электроны могутъ нести независимое существованіе (электронъ-іоны), между тѣмъ какъ положительные электроны (атомъ-іоны) остаются связанными съ той матеріей, которая почему-либо потеряла одинъ или нѣсколько отрицательныхъ электроновъ; они не могутъ существовать самостоятельно. Избытокъ въ тѣлѣ однихъ электроновъ надъ другими и обусловливаетъ то, что мы называемъ положительнымъ или отрицательнымъ электрическимъ состояніемъ. Вотъ въ бѣглыхъ чертахъ та гипотеза, на которой голландскій физикъ Лорентцъ основалъ теорію, ставшую основой современныхъ намъ физическихъ ученій.

Мы очертили гипотезу; какіе же факты ее оправдываютъ? Гдѣ же, въ какихъ явленіяхъ, въ какихъ уголкахъ нашего міра обнаруживаются электроны?

Ранѣе всего эти тѣльца или корпускулы были найдены въ явленіи, замѣченномъ Плюкеромъ въ 1859 г. въ небольшой стеклянной трубочкѣ, наполненной чрезвычайно разрѣженнымъ газомъ. Это—блѣдно-фіолетовые лучи, появляющіеся при элек-

трическомъ разрядѣ черезъ эту трубку между впаянными въ нее двумя металлическими кружками, или электродами.

Гольдштейнъ назвалъ ихъ катодными лучами, потому что они какъ бы выходятъ изъ отрицательно заряженнаго кружка—катода. Въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ эти лучи встрѣчаютъ стѣнки трубки, они зажигаютъ зеленый или голубой свѣтъ, смотря по составу стекла. Точно такъ же подъ ихъ дѣйствіемъ загораются различными цвѣтами минералы. Встрѣчая на своемъ пути не пропускающія ихъ тѣла, они даютъ тѣнь. Они нагрѣваютъ тѣла, которыя поражаются ими. Пока все это—свойства лучей. Но эти лучи заряжаютъ встрѣчныя тѣла отрицательнымъ электричествомъ и подъ дѣйствіемъ электрическихъ силъ они отклоняются отъ своихъ прямолинейныхъ путей, какъ потокъ отрицательно заряженныхъ пуль. Не менѣе важно, что они отклонятся магнитомъ такъ, какъ должны по теоріи Вебера отклоняться отъ своихъ путей движущіяся частицы отрицательнаго электричества. Эти факты говорятъ за то, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ баллистическимъ явленіемъ.

Природа катодныхъ лучей была предугадана англійскимъ физикомъ Круксомъ. Въ своей замѣчательной рѣчи, произнесенной въ Шеффильдѣ въ 1874 г. и озаглавленной „Лучистая матерія или четвертое состояніе“, онъ первый указалъ на то, что катодные лучи суть потоки мельчайшихъ тѣлецъ, атомовъ первичной матеріи „протила“. „Здѣсь,—говоритъ онъ,—мы достигли предѣла, на которомъ матерія и сила переходятъ другъ въ друга; такой таинственной грани, которая отдѣляетъ извѣстное отъ неизвѣстнаго. Я думаю,—заключаетъ онъ,—что на этихъ предѣлахъ будутъ разрѣшены величайшія научныя задачи будущаго“.

Какія фантастическія надежды! Небольшая стеклянная трубочка съ пучкомъ блѣдно-фіолетовыхъ лучей, какъ ключъ къ разгадкѣ тайнъ вселенной!

Наука оправдала ожиданія Крукса. И такъ потокъ электроновъ пойманъ въ природѣ. Но представляетъ ли электронъ единственную связь матеріи съ эѳиромъ? Если бы это было такъ, то волненіе эѳира свѣтящимися пламенами, иными словами, свѣтъ въ природѣ, происходилъ бы лишь потому, что раскаленныя частицы тѣлъ были бы связаны съ электронами. Это пред-

положеніе было теоретически разработано Лорентцомъ и блестяще оправдано его ученикомъ Зееманомъ въ 1896 г.

Лучъ свѣта отъ раскаленныхъ паровъ металла, брошенный на стеклянную призму, разлагается въ рядъ блестящихъ цвѣтныхъ линій, стоящихъ раздѣльно и образующихъ такъ называемый линейный спектръ. Цвѣтъ есть ощущеніе нашего глаза, соотвѣтствующее ощущенію тона нашимъ ухомъ. Разнообразіе цвѣтныхъ линій въ спектрѣ приводитъ насъ къ заключенію, что вибрирующій атомъ раскаленнаго тѣла представляетъ собою цѣлый оркестръ, цѣлое собраніе музыкальныхъ инструментовъ; иными словами, атомъ не есть нѣчто простое. Это давно извѣстное явленіе было единственнымъ, звучащимъ диссонансомъ среди господствовавшихъ мнѣній о простотѣ и неизмѣняемости атома. Теперь можно говорить уже смѣло, что это явленіе указываетъ на то, что атомъ есть сложная система множества движущихся частей. Это заключеніе имѣетъ громадное значеніе. Оно даетъ поводъ къ вопросу, всегда ли движенія частей атома находятся во взаимной гармоніи, не скрыта ли въ нихъ причина, которая въ нѣкоторыхъ случаяхъ можетъ привести атомъ къ распаденію, къ смерти и нарожденію простѣйшихъ элементовъ матеріи. Мы еще вернемся къ этому вопросу, а теперь прослѣдимъ далѣе, какіе опытные факты указываютъ на присутствіе электроновъ въ источникахъ свѣта?

Если матерія волнуетъ эѳиръ черезъ связанныя съ нею электроны, то движеніе матеріи въ источникахъ свѣта должно измѣниться подъ дѣйствіемъ магнитныхъ силъ: долженъ измѣниться видъ спектра. Въ музыкальныхъ инструментахъ, составляющихъ свѣтовой оркестръ, должны произойти небольшія перемѣны. Нѣкоторыя изъ скрипичныхъ струнъ подтянутся, другія ослабнутъ; нѣкоторыя органныя трубы станутъ длиннѣе, другія короче. И дѣйствительно, голубовато-зеленая линія въ спектрѣ паровъ кадмія превращается въ тройную или двойную, смотря по тому, направлена ли магнитная сила поперекъ или вдоль луча свѣта. Дѣло происходитъ такъ, какъ если бы кто въ шутку толкнулъ руку артиста, и она извлекла бы не только ожидаемую ноту, но задѣла бы еще двѣ сосѣднія клавиши.

За восемь лѣтъ, протекшихъ послѣ опыта Зеемана, развернулась необычайная картина, сравнимая развѣ съ той, которая поразила обитателей Европы послѣ открытія Новаго Свѣта. Ма-

терія, такъ какъ мы ее когда-то понимали, этотъ старый свѣтъ, оказался населеннымъ неисчислимыми милліардами малоизвѣстныхъ, но чрезвычайно энергичныхъ индивидуумовъ—электроновъ, ведущихъ или независимое существованіе или связанныхъ съ матеріей подъ видомъ іоновъ. Они оказались и вблизи раскаленныхъ газовъ и тѣлъ, и въ потокахъ, выходящихъ съ поверхности нѣкоторыхъ веществъ подъ дѣйствіемъ ультрафіолетовыхъ лучей, въ рудахъ, въ воздухѣ, въ морской, рѣчной и ключевой водѣ, минеральныхъ грязяхъ, въ составныхъ частяхъ земной коры.

Какъ относятся къ матеріи эти новые обитатели земли: будутъ ли они только паразитами или же они имѣютъ къ ней болѣе тѣсное близкое отношеніе?

Этотъ новый міръ имѣетъ свои солнца, непрерывно излучающія энергію. Ихъ открытіемъ мы обязаны Беккерелю, который въ 1896 г. занимался изслѣдованіемъ флюоресценціи урановыхъ соединеній. Онъ нашелъ, что они испускаютъ лучи, проникающіе черезъ тонкіе бумажные и металлическіе экраны, дѣйствующіе на фотографическую пластинку и снимающіе зарядъ съ наэлектризованныхъ тѣлъ.

Два года спустя г-жа Складовская-Кюри и независимо отъ нея Шмидтъ показали, что соединенія торія обладаютъ приблизительно такою же способностью излученія. Г-жа Кюри назвала уранъ и торій радіоактивными тѣлами и испускаемые ими лучи—беккерелевскими. Подъ дѣйствіемъ излученія радіоактивныхъ веществъ воздухъ начинаетъ проводить электричество, и супруги Кюри воспользовались этимъ явленіемъ для обнаруженія и измѣренія активности веществъ. Они подвергли изысканію множество минераловъ, при чемъ радіоактивными оказались тѣ, которые содержали уранъ и торій. При этомъ неожиданно большая радіоактивность смоляныхъ обманокъ, содержащихъ урановую окись, значительно превосходящая активность металлическаго урана, навела супруговъ Кюри на мысль, что причина радіоактивности лежитъ не въ уранѣ, а въ примѣси небольшого количества неизвѣстнаго вещества. Тысячи килограммовъ смоляной обманки подвергались обработкѣ, чтобы получить доли грамма неизвѣстной матеріи. Такимъ путемъ въ 1898 г. супруги Кюри открыли полоній, сродный торію. Въ 1899 г. Дебіернъ нашелъ еще актиній, сродный торію.

Открытіе Марквальдомъ радіотеллура и Гофманомъ и Штрауссомъ радіоактивнаго вещества, сопровождающаго свинецъ, оказались по послѣднимъ изслѣдованіямъ Дебіерна не оправдавшимися. Активные элементы, входящіе въ свинецъ и теллуръ, отождествляются съ полоніемъ. Открытый недавно Гизелемъ эманій оказывается, повидимому, тождественнымъ съ актиніемъ. Изученіе радіоактивныхъ тѣлъ велось до послѣдняго времени отдѣльными учеными; въ настоящую минуту они съѣзжаются вмѣстѣ, предпочитая для пользы знанія выяснять недоразумѣнія и противорѣчія не полемикой, часто затрагивающей личное самолюбіе, а совмѣстной работой и провѣркой.

Кюри получили препаратъ хлористаго радія въ милліонъ разъ болѣе активный, чѣмъ уранъ, и опредѣлили атомный вѣсъ радія равнымъ 225; атомные вѣса торія суть 232 и урана 238. Рунге и Прехтъ нашли атомный вѣсъ радія равнымъ 258. Итакъ, радіоактивныя вещества обладаютъ грузными атомами— фактъ чрезвычайной важности. Другой важный фактъ заключается въ томъ, что активность вещества не мѣняется, каково бы ни было химическое соединеніе, его содержащее. Это указываетъ на то, что радіоактивность есть свойство, присущее атому. Опишемъ по возможности кратко, новый міръ явленій, окружающій радіоактивныя вещества.

Во первыхъ, они посылаютъ въ пространство троякаго рода лучи: α, β, γ. Эти лучи могутъ быть частью отдѣлены другъ отъ друга по ихъ неодинаковой способности проникать, пронизывать различныя тѣла. Благодаря этому свойству, они могутъ быть отфильтрованы другъ отъ друга, ихъ можно просѣивать. Лучи α легко задерживаются тѣлами, напримѣръ листомъ бумаги или нѣсколькими сантиметрами воздуха. Лучи β обладаютъ большей проницающей способностью: они пропускаются пластинкой алюминія въ нѣсколько миллиметровъ толщины. Лучи γ обладаютъ замѣчательною способностью проникновенія: они не задерживаются вполнѣ даже нѣсколькими сантиметрами свинца и даже 20 сантиметрами желѣза. Проницающая способность различныхъ лучей характеризуется толщиною алюминіевыхъ пластинокъ, уменьшающею ихъ напряженность до половины;

α	0,0005 ст.
β	0,05 »
γ	8,0 »

Всѣ три рода лучей отличны по своимъ свойствамъ отъ лучей свѣта. Пути лучей α и β искривляются дѣйствіемъ электрическихъ и магнитныхъ силъ: лучи β легко, а α очень слабо и притомъ только подъ дѣйствіемъ силъ очень большихъ. Лучи β обладаютъ тѣми-же свойствами, какъ лучи катодные, и представляютъ потокъ отрицательно заряженныхъ электроновъ. Отклоненіе лучей α происходитъ въ другую сторону: это—потокъ матеріальныхъ частицъ, заряженныхъ положительнымъ электричествомъ; они обладаютъ свойствами закатодныхъ лучей, открытыхъ Гольдштейномъ. γ лучи, открытые Виллардомъ, отличаются отъ остальныхъ тѣмъ, что не отклоняются дѣйствіемъ магнитныхъ, даже очень значительныхъ силъ. Мнѣнія о ихъ природѣ раздѣляются. Неотклоняемость магнитнымъ полемъ и большая способность проникновенія приближаютъ ихъ къ лучамъ Рёнтгена (Рутерфордъ); являясь же носителями отрицательныхъ зарядовъ (Пашенъ), они подходятъ къ лучамъ катоднымъ. Рёнтгеновскіе лучи состоятъ изъ отдѣльныхъ, неправильно слѣдующихъ другъ за другомъ импульсовъ, распространяющихся въ эѳирѣ и порождаемыхъ бомбардировкой тѣлъ катодными лучами.

Всѣ эти излученія кажутся неисчерпаемыми, и явленія радіоактивности оставались бы еще долгое время окутанными непроницаемой тайной, если бы не было открыто, въ первый разъ Рутерфордомъ, что радіоактивныя вещества сообщаютъ всѣмъ тѣламъ, находящимся въ ихъ присутствіи, радіоактивныя свойства. Это явленіе носитъ названіе «наведенной радіоактивности». Замѣчательно, что она не зависитъ отъ природы активируемаго тѣла и постепенно исчезаетъ. Она не обусловлена излученіями, ибо сообщается тѣламъ и въ томъ случаѣ, когда они стоятъ за перегородками, не пропускающими лучей.

Эти явленія объясняются осажденіемъ на тѣлахъ невидимой пленки, образующейся изъ эманацій, непрерывно испускаемыхъ веществами. Когда-то словомъ эманація обозначали таинственныя нематеріальныя явленія: говорили объ эманаціяхъ земли, магнитовъ, звѣздъ и т. д. Эманаціи радіоактивныхъ веществъ суть газы, слѣдующіе закону Бойля, подчиненные дѣйствію тяжести, переносимые потокомъ воздуха, диффундирующіе черезъ него, сгущаемые при очень низкихъ температурахъ, не поддающіеся никакимъ химическимъ воздѣйствіямъ и отно-

сящіеся къ инертной группѣ аргона. Торій, радій, актиній даютъ эманаціи, уранъ и полоній не даютъ. Эти эманаціи испускаютъ также лучи, но это излученіе уменьшается со временемъ; по этому признаку они и узнаются. Такъ, активность эманаціи радія уменьшается на половину въ 4 дня, торія—въ одну минуту, актинія въ 3, 4 секунды.

Чтобы выяснить дальнѣйшій ходъ мыслей, я забѣгу нѣсколько впередъ, указавши на величины скоростей и массъ тѣхъ частицъ, изъ которыхъ состоятъ лучи α и β. Масса положительныхъ частицъ α одного порядка съ массой атома водорода, а скорость около 15.000 километровъ въ 1″, т.-е. около $^1/_{20}$ скорости свѣта. Масса отрицательныхъ частицъ β составляетъ $^1/_{1000}$ массы атома водорода и ихъ скорость около $^1/_{10}$ скорости свѣта.

Эманаціи торія и радія излучаютъ частицы α, имѣющія массу, сравнимую съ массою матеріальныхъ атомовъ. Это излученіе, состоящее въ выталкиваніи матеріальныхъ частицъ, указываетъ, что эманаціи испытываютъ нѣкоторыя превращенія. По мѣрѣ этого выталкиванія уменьшается активность вещества, причемъ оказывается, что количество превращающейся эманаціи пропорціонально въ каждый моментъ ея наличной массѣ. Напримѣръ, для эманаціи радія изъ 1.000 атомовъ черезъ 4 дня остается 500, черезъ 8 дней—250 и т. д. Это измѣненіе слѣдуетъ нѣкоторому экспоненціальному закону. Онъ остается однимъ и тѣмъ же, какимъ бы физическимъ и химическимъ воздѣйствіямъ мы ни подвергали эманацію, не зависитъ отъ количества эманаціи, отъ давленія и природы подмѣшаннаго къ ней газа, отъ вещества сосуда, отъ измѣненія температуры въ предѣлахъ —180° С. до +450° С. Всѣми этими свойствами процессъ, которому подвергается эманація, существенно отличается отъ процесса химическаго. Намъ неизвѣстны химическія реакціи, которыя не зависѣли бы отъ температуры. Невозможность разрушенія атома, разложенія его на простѣйшіе элементы путемъ повышенія температуры, указываютъ на то, что наблюдаемые процессы въ эманаціяхъ суть процессы, происходящіе въ атомахъ. Мы должны допустить, что эти атомы суть неустойчивыя системы, приходящія въ распаденіе при выталкиваніи частицъ α. Получающійся остатокъ долженъ отличаться своими свойствами отъ материнскаго атома, и мы ска-

жемъ съ Рутерфордомъ, что эманація переходитъ въ частицу α и остатокъ, который назовемъ эманаціей X, атомы которой тоже неустойчивы и подвергаются дальнѣйшему распаденію.

Открытіе эманацій и изслѣдованіе ихъ свойствъ показало, что радіоактивность обусловливается послѣдовательными превращеніями и нарожденіемъ новыхъ веществъ, имѣющихъ или кратковременное, или продолжительное существованіе, при чемъ этотъ процессъ въ нѣкоторыхъ своихъ стадіяхъ сопровождается излученіями. Конечный результатъ превращеній есть нѣкоторое неактивное вещество. Удаленіе изъ материнскаго элемента продуктовъ распаденія лишаетъ его на нѣкоторое время активности, которая постепенно появляется и наростаетъ по мѣрѣ новаго образованія продуктовъ распаденія. Такъ, торій даетъ торій X, который даетъ эманацію, распадающуюся въ свою очередь, образуя новую эманацію X. Эманація представляется инертнымъ газомъ, а торій X и эманація X—твердыми тѣлами, изъ которыхъ первый растворяется въ амміакѣ, а послѣдняя—въ нѣкоторыхъ кислотахъ. Въ уранѣ мы имѣемъ два превращенія, въ торіѣ пять, въ радіѣ—семь. Въ слѣдующей таблицѣ указаны наблюденныя превращенія, продолжительность времени, въ теченіе котораго количество продукта уменьшается распаденіемъ до половины, природа испускаемыхъ лучей и химическія и физическія свойства веществъ.

Радіоактивное тѣло.	Время.	Природа лучей.	Химическія и физическія свойства.
Уранъ.	1000 мил. лѣтъ.	α	Растворимъ въ избыткѣ углекислаго аммонія.
↓			
Уранъ X.	22 дня.	β и γ	Нерастворимъ въ избыткѣ углекислаго аммонія.
↓			
Конечное.	—	—	
Торій.	1000 мил. лѣтъ.	α	Нерастворимъ въ амміакѣ.
↓			
Торій X.	4 дня.	α	Растворимъ въ амміакѣ.
↓			
Эман. торія.	1 мин.	α	Инертн. газъ съ большимъ молекулярнымъ вѣсомъ, сжижается при —120° C.
↓			
Эманація X. (1-е превр.).	55 мин.	Лучей нѣтъ.	Подобны твердымъ тѣламъ; осаждаются на поверхности тѣлъ; въ электрическомъ полѣ садятся на катодъ; растворимы въ кислотахъ. Въ растворахъ обладаютъ опредѣленными химическими свойствами.
↓			
2-е превращ.	11 часовъ	α, β, γ	
↓			
Конечное.			

Радіоактивное тѣло.	Время.	Природа лучей.	Химическія и физическія свойства.
Радій.	1000 лѣтъ	α	
↓ Эманація.	4 дня.	α	Инертн. газъ съ большимъ молекулярнымъ вѣсомъ; сгущается при —150° С.
↓ Эманація X (1-е превр.).	3 мин.	α	Подобны твердымъ тѣламъ; осаждаются на поверхности тѣлъ, при чемъ трудно удаляемы; въ электрическомъ полѣ садятся на катодъ; растворяются въ нѣкоторыхъ кислотахъ; улетучиваются при бѣломъ каленіи; въ растворахъ подвергаются электролизу.
↓ 2-е превращ.	21 мин.	Лучей нѣтъ.	
↓ 3-е превращ.	28 мин.	α, β, γ	
↓ 4-е превращ.	40 лѣтъ	α	Растворимо въ сѣрной кислотѣ.
↓ 5-е превращ.	годъ.		*Примѣчаніе.* Послѣдовательныя превращенія эманацій радія еще обозначаются такъ: A, B, C, D, E.
↓ Конечное.			
Актиній.		α (?).	
↓ Эманація I.		α (?).	
↓ Эман. II (?).			
↓ III.		α и β	
↓ Конечное.			

Эти явленія увѣнчались еще новымъ открытіемъ Рамсайя и Содди, разгадавшими природу того неактивнаго состоянія, въ которое постепенно переходитъ радій. Это открытіе, подтвердившееся въ послѣднее время обстоятельнымъ изслѣдованіемъ Гимштедта и Мейера, состоитъ въ томъ, что эманація радія превращается въ гелій. Оно подтверждается еще измѣреніемъ массы частичекъ α, излучаемыхъ радіемъ и продуктами его распаденія; эта масса оказалась равной массѣ атома гелія. Этотъ газъ гораздо раньше былъ обнаруженъ спектральнымъ анализомъ въ солнцѣ, благодаря своей блестящей желтой линіи; затѣмъ онъ былъ найденъ на землѣ Рамсаемъ въ 1895 г. въ минералахъ, содержащихъ радіоактивныя вещества уранъ и торій. Изслѣдованіе показало, что гелій есть газъ, подобно аргону, принадлежащій къ химически недѣятельнымъ веществамъ. Съ открытіемъ Рамсая и Содди разъяснилось загадочное присутствіе гелія въ минералахъ, содержащихъ радіоактивные эле-

менты уранъ, торій, радій. Мы знаемъ теперь, что онъ есть конечный и неактивный, слѣдовательно, нераспадающійся далѣе продуктъ ихъ превращеній, накоплявшійся и поглощавшійся рудами въ теченіе тысячелѣтій. Этотъ газъ находится и въ солнцѣ. Не открываетъ ли этотъ фактъ новыя широкія перспективы, не показываетъ ли онъ, что въ свѣтилѣ дающемъ жизнь нашей землѣ, происходитъ переработка природы атомовъ, «твореніе новыхъ матерій». Рутерфордъ и Содди окрестили превращающіеся атомы общимъ именемъ метаболонъ. Такими метаболонами являются уранъ, торій и радій, атомный вѣсъ которыхъ есть наибольшій изъ извѣстныхъ наукѣ. Эти атомы должны быть очень сложными и потому неустойчивыми системами, которыя начинаютъ распадаться, причемъ такое распаденіе сопровождается выталкиваніемъ частицъ α. Каждую секунду распадается нѣкоторая доля вещества. Найдено, что изъ данной массы радія въ секунду распадается одна тридцать три тысячи милліонная доля, а у урана и торія еще въ милліонъ разъ меньшая. Превращеніе—значитъ смерть одного индивидуума, нарожденіе новаго, и не встаетъ ли передъ нами удивительный вопросъ, который еще недавно звучалъ бы чрезвычайнымъ абсурдомъ,—вопросъ о долговѣчности вещества? Да, онъ поднятъ и рѣшается наукой.

Принимая, что одинъ атомъ эманаціи радія происходитъ отъ одного атома радія и что атомный вѣсъ эманаціи равенъ 160, зная количество эманаціи, даваемой 1 гр. радія въ 1″, можно опредѣлить время, въ теченіе котораго половина радія должна прекратить свое существованіе. Оно соотвѣтствуетъ 1150 годамъ.

Отсюда слѣдуетъ, что образчики радія въ соединеніяхъ, которыя находятся въ нашихъ рукахъ, имѣютъ древность меньшую древности земной коры. Но если такъ, то радій непрерывно образуется на нашей планетѣ и происходитъ отъ распаденія какого-нибудь иного вещества. Это вещество должно находиться въ тѣхъ минералахъ, изъ которыхъ получается радій. Такими спутниками радія являются уранъ и торій. Если мы остановимся на атомномъ вѣсѣ радія, найденномъ г-жой Кюри, то эти элементы, какъ имѣющіе большій атомный вѣсъ, могутъ превращаться въ радій. Въ пользу такой гипотезы говоритъ и то, что долговѣчность урана въ милліонъ разъ пре-

восходитъ долговѣчность радія. Если бы это было такъ, то отношеніе радія къ урану было бы такое же, какъ отношеніе эманаціи радія къ радію. Минералы, содержащіе торій, заключаютъ въ себѣ лишь небольшія количества радія. Такимъ образомъ между ураномъ и радіемъ существуетъ вѣроятная генетическая связь. Если радій дѣйствительно происходитъ отъ урана, то всѣ урановые минералы должны содержать радій въ количествѣ, прямо пропорціональномъ содержанію въ нихъ урана. Кромѣ того, въ этихъ минералахъ должны содержаться всѣ промежуточныя стадіи превращеній, какъ уранъ X, эманація радія и т. д. Эти предположенія оправдываются изслѣдованіями Герберта Н. Макъ-Койя надъ рудами, содержащими отъ 5,71 до 70,8% урана. Радіоактивность этихъ рудъ оказалась прямо пропорціональной содержанію урана. То же слѣдуетъ сказать и объ искусственно приготовленныхъ соединеніяхъ урана. Но активность естественныхъ рудъ почти въ 6 разъ превосходитъ активность искусственныхъ соединеній, что объясняется тѣмъ, что въ рудахъ накопились уже болѣе быстро превращающіеся вещества—радій и промежуточные продукты. Генезисъ радія и его превращеній, вѣроятно, выразится такъ:

Уранъ → уранъ X → радій → эманація радія → эманація X и пр. → гелій.

Возможно, что въ ряду этихъ превращеній (4-е превращеніе эманаціи X) слѣдуетъ поставить полоній.

Радіоактивныя явленія даютъ основу для сужденій о древности земли. Присутствіе на ней урана, половина котораго вымираетъ въ тысячу милліоновъ лѣтъ, указываетъ на его происхожденіе въ теченіе громаднаго промежутка времени. Этотъ промежутокъ представляетъ собою крайній предѣлъ древности нашей планеты.

Между превращеніями радіоактивныхъ веществъ мы встрѣчаемъ такія, которыя не сопровождаются излученіями и потому не могутъ быть открыты непосредственно ни электрическими методами (іонизаціей), ни фосфоресценціей, ни фотографіей. Они были найдены, распутывая сложный законъ измѣненія активности эманацій между которыми находились и эманаціи излучающія. Итакъ, въ природѣ должны существовать нелучистыя

превращенія, ускользающія отъ нашихъ чувствъ и инструментовъ. Мы знаемъ, что превращенія могутъ быть и крайне медленныя. Громадное значеніе имѣетъ вопросъ: какія же изъ окружающихъ насъ веществъ не подвержены превращенію?

Итакъ, радіоактивныя вещества могутъ быть раздѣлены на два класса: медленно и быстро превращающіяся; къ первымъ могутъ принадлежать многія изъ окружающихъ насъ матерій, измѣнчивость которыхъ нами не подозрѣвается.

Измѣненіе природы атома, открываемое намъ этими явленіями, не поколебало ли истины, гласящей, что атомъ не измѣняемъ. Нѣтъ, истина осталась, но она перемѣстилась: изъ области естественныхъ свойствъ матеріи она отодвинулась въ область нашихъ техническихъ неумѣній. Современныя ученія не колеблютъ атомистической теоріи Дальтона: напротивъ того, они вводятъ въ науку недѣлимые элементы матеріи, болѣе мелкіе, чѣмъ атомы.

Мы приблизились къ вопросу капитальной важности, къ вопросу о матеріальной массѣ электрическаго атома. Мы дѣлали уже указанія въ этомъ направленіи. Въ явленіяхъ, представляемыхъ электронами, участвуютъ три фактора: зарядъ электрона, его масса и скорость. Для опредѣленія этихъ трехъ факторовъ необходимо имѣть три данныхъ, почерпаемыхъ изъ трехъ явленій, а именно: 1) отклоненія потока электроновъ подъ дѣйствіемъ магнитной силы; 2) отклоненіе того же потока подъ дѣйствіемъ электрической силы; 3) третье явленіе чрезвычайно лыбопытно. При расширеніи газа, увлажненнаго водяными парами, образуется туманъ, если газъ, очищенный отъ пыли, содержалъ въ себѣ электроны. Этимъ явленіемъ чрезвычайно остроумно воспользовался Дж. Томсонъ. Каждый электронъ является центромъ сгущенія капельки. По скорости осажденія тумана можно судить о величинѣ капли, по количеству осѣвшей влаги — о количествѣ капель, а слѣдовательно и электроновъ.

Эти явленія привели къ слѣдующимъ результатамъ.

Электрическій зарядъ электрона оказался, какъ мы видѣли a priori, равнымъ заряду атома водорода.

Отрицательные электроны обладаютъ скоростью, равною приблизительно $^1/_{10}$ скорости свѣта—отъ 22.000 до 50.000 километровъ въ секунду, и въ среднемъ имѣютъ массу въ 1.000

разъ меньшую массы атома водорода. Положительные электроны имѣютъ массу равную массѣ іоновъ той матеріи, съ которой они связаны. Скорость ихъ равна $^1/_{20}$ скорости свѣта. Способность проникновенія электроновъ черезъ тѣла находится въ прямой зависимости отъ ихъ массы и скорости. Детальное изученіе движенія отрицательныхъ электроновъ показало, что ихъ скорости и массы различны, и что между массой и скоростью существуетъ зависимость.

Масса тѣла представляетъ собою мѣру того сопротивленія, которое тѣло оказываетъ измѣненію своего состоянія покоя или движенія. Представимъ себѣ согнутую пружину, одинъ конецъ которой былъ бы закрѣпленъ, а другой свободенъ. Если бы мы стали разгибать эту пружину, дѣйствуя на ея свободный конецъ, то мы испытывали бы сопротивленіе, и если не видали бы самой пружины, то могли бы приписать ея свободному концу нѣкоторую массу, которую можно назвать кажущейся массой. Электронъ связанъ съ эфиромъ, и измѣненіе его движенія должно вызвать перемѣщенія въ эѳирѣ, т.-е. измѣненія въ его состояніи. Отсюда слѣдуетъ, что по крайней мѣрѣ часть массы электрона должна быть кажущейся. Измѣненіе состоянія эѳира порождаетъ нѣкоторое электромагнитное явленіе. Поэтому мы говоримъ, что электронъ обладаетъ нѣкоторой электромагнитной массой. Она тѣмъ больше, чѣмъ больше скорость электрона, и подсчетъ показываетъ, что матеріальная масса отрицательнаго электрона такъ мала, что мы можемъ пренебречь ею сравнительно съ его электромагнитной массой.

Но что такое электроны, не обладающіе матеріальной массой? Не представляютъ ли они части эѳира, выдѣляющіяся отъ остальныхъ своимъ движеніемъ—вихревымъ или коловратнымъ? Одинъ за другимъ тѣснятся новые вопросы: не есть ли вообще всякая матеріальная масса не болѣе какъ электромагнитная, не есть ли матерія только собраніе особыхъ формъ движенія или состояній эѳира, родъ узловъ въ эфирѣ? Къ этому взгляду склоняется въ настоящее время большинство выдающихся ученыхъ. Электромагнитная масса не есть величина постоянная: когда скорость движенія частицы становится значительной, приближаясь къ скорости свѣта, масса возрастаетъ. Такимъ образомъ, масса окружающихъ насъ тѣлъ сохраняется, пока не наступятъ крупныя измѣненія въ ихъ движеніи. Возможно, что эта

масса обусловливается неизвѣстнымъ намъ движеніемъ нашей планетной системы въ пространствѣ. Такимъ образомъ законъ сохраненія массы, одинъ изъ основныхъ законовъ, оказывается справедливымъ для ограниченныхъ, но очень длинныхъ временъ. Мы приходимъ къ выводу, что старѣйшая вѣтвь естествознанія и его основа—механика, должна быть перестроена на новыхъ началахъ—на электромагнитныхъ свойствахъ эѳира.

Какъ дымка тумана разсѣивается лучомъ свѣта, такъ исчезаетъ передъ свѣтомъ науки дуализмъ матеріи и эѳира. Мы сами, вся природа, являемся какъ бы построенными изъ эѳира. Матеріальность со всѣми ея признаками является лишь на границахъ безконечно разнообразныхъ волненій эѳира совершенно такъ, какъ мы не видимъ зеркальной поверхности обширнаго водоема, пока она не всколышется и не покроется рябью. Въ эѳирѣ, покоющемся, застывшемъ, вездѣ одинаково построенномъ, нѣтъ и не можетъ быть матеріи.

Перейдемъ теперь къ вопросу о смерти нашего міра. Не поражало ли васъ, что, несмотря на ростъ энтропій, на идущее отъ вѣка разсѣяніе энергіи, нашъ міръ никакъ не можетъ умереть и небесныя свѣтила не могутъ потухнуть? Съ закономъ роста энтропіи связанъ одинъ важный вопросъ: если она увеличивается, то долженъ былъ существовать моменъ, когда энтропія была наименьшей; онъ долженъ былъ совпасть съ началомъ міра, и мы пришли бы опять къ загадкѣ: къ чему было строить и пускать въ ходъ механизмъ, осужденный съ перваго же момента своего существованія на смерть? Всѣ эти недоумѣнія рѣшаются всплывающими въ современной физикѣ новыми пониманіями.

Подсчетъ энергій, который до сихъ поръ дѣлался, касается лишь внѣшнихъ движеній молекулъ и атомовъ и внѣшнихъ, дѣйствующихъ между ними силъ. Эти энергіи дѣйствительно разсѣиваются, но не ими однѣми обусловливается жизнь міра, его энергія. Онѣ составляютъ лишь ничтожную крупицу той неисчерпаемой энергіи, которая запасена въ движеніяхъ и силахъ частей атомовъ, иначе говоря, въ эѳирѣ.

Мы можемъ судить о значительности этихъ внутреннихъ силъ атома уже по тому, что движенія, сообщаемыя его частямъ при высокой температурѣ вольтовой дуги, не въ состояніи его разрушить. И когда разрушается метаболонъ, освобож-

дается громадное количество энергіи. Количество тепла, выдѣляемое радіемъ въ теченіе часа, можетъ вскипятить количество воды, равное его вѣсу. Тепло, развиваемое превращеніями радія, пока онъ не перейдетъ въ неактивное состояніе, въ 2 милліона разъ болѣе наибольшаго тепла, развиваемаго въ извѣстныхъ намъ молекулярныхъ превращеніяхъ. Большая часть тепла, развиваемаго радіемъ и его продуктами, обусловливается превращеніемъ въ тепло энергіи испускаемыхъ имъ лучей. Если бы можно было собрать одинъ килограммъ эманаціи радія, то вначалѣ отдача имъ энергіи равнялась бы 25.000 лошадиныхъ силъ, а энергія за все время существованія соотвѣтствовала бы работѣ 150.000 лошадиныхъ силъ въ теченіе одного дня. Нѣсколькихъ килограммовъ эманаціи было бы достаточно для переѣзда парохода черезъ океанъ. Такимъ образомъ радіоактивныя вещества содержатъ въ себѣ громадные запасы энергіи. Мы находимъ въ этихъ фактахъ указаніе и на громадный запасъ энергіи въ атомахъ другихъ веществъ; указаніе, вполнѣ гармонирующее съ технической возможностью искусственнаго разрушенія атома. Мы наблюдаемъ уже на нашей землѣ распаденіе метаболоновъ, обладающихъ тяжелыми атомами. Мы не можемъ говорить утвердительно, но подозрѣваемъ возможность медленнаго распаденія атомовъ и съ меньшимъ атомнымъ вѣсомъ. Въ небесныхъ свѣтилахъ, въ горящихъ и разгорающихся солнцахъ, мы должны ожидать несравненно болѣе интенсивныхъ метаморфозъ атомовъ, льющихъ намъ энергію изъ сокровеннѣйшихъ нѣдръ вселенной и отодвигающихъ безпредѣльно какъ въ прошломъ, такъ и въ будущемъ границы жизни міра.

Я изложилъ передъ вами факты, указывающіе на распаденіе, упрощеніе атомовъ. Является вопросъ о реконструкціи атомовъ, объ образованіи болѣе сложныхъ изъ болѣе простыхъ. Этотъ вопросъ аналогиченъ съ тѣмъ, который мы можемъ поднять по поводу энтропіи—разсѣиванія энергіи. Разсѣивается ли матерія, переходя въ формы малоцѣнныя въ смыслѣ невозможности ихъ возсоединенія? Обезцѣненіе энергіи разсѣяніемъ есть результатъ отсутствія въ цѣломъ рядѣ явленій силы, сортирующей или отбирающей движенія атомовъ. Возможность существованія такихъ силъ или сортировщиковъ въ природѣ не исключается; повидимому, они существуютъ въ живой клѣткѣ. Мы не имѣемъ данныхъ и для положительнаго утвержденія невозможности реконструкціи матеріи.

Въ началѣ нашей бесѣды я сравнилъ наблюдаемую нами жизнь міра съ уличной жизнью большого города. Такая жизнь имѣетъ свой максимумъ и минимумъ энтропіи. Количество разсѣянной энергіи растетъ до вечера, когда склоняется къ горизонту наше свѣтило; минимумъ энтропіи наступаетъ утромъ, когда ясное солнце подымается надъ нами. Естествоиспытатель знаетъ, что во вселенной мы встрѣчаемъ повтореніе типовъ явленій. «И бысть утро и бысть вечеръ», не одинъ разъ звучало и будетъ звучать во вселенной. Не одинъ разъ бѣжала и пробѣжитъ по ней волна разрушенія и возсозданія. Законы обезцѣненія энергіи и матеріи всегда компенсируютъ другъ друга.

Итакъ, до открытія радіоактивныхъ веществъ всѣ наши изслѣдованія имѣли своимъ предметомъ лишь внѣшнія взаимодѣйствія атомовъ и образуемыхъ ими системъ. Мы строили макрофизику.

Еще въ 1872 г. Дюбуа-Реймондъ на 45-мъ съѣздѣ нѣмецкихъ естествоиспытателей и врачей въ Лейпцигѣ указывалъ, что естественно-научное познаніе природы заключается въ сведеніи всѣхъ перемѣнъ на движенія атомовъ, обусловливаемыя независящими отъ времени центральными силами, или иначе сведеніемъ всѣхъ явленій природы на механику атомовъ. Да, на механику атомовъ, но не въ томъ смыслѣ, какъ это понималось до послѣднихъ дней! Не на внѣйшій механизмъ, связывающій атомы между собою, а на ихъ внутреннюю механику. Мы полагали въ концѣ столѣтій, потраченныхъ человѣческой мыслью, что наука работаетъ уже въ сокровеннѣйшихъ глубинахъ природы. Оказывается, что мы работали все время лишь въ тонкой корѣ мірозданія. Намъ предстоитъ новая громадная задача: физика и химія атома—микрофизика и микрохимія. И мы стоимъ передъ нею почти такъ, какъ стояли ученые въ области электричества два столѣтія тому назадъ, зная только, что натертая смоляная палочка притягиваетъ къ себѣ легкое тѣло. Въ новой области опытъ труденъ за недостаточностью научной техники, и единственный путь есть пока наблюденіе и совершенствованіе его методовъ. И если мы сравнимъ электричество-забаву съ электричествомъ въ служеніи человѣчеству, какихъ успѣховъ должны мы ожидать въ теченіе двухъ ближайшихъ столѣтій.

Жизнь внутренняго міра атома открываетъ намъ стойства и законы, быть можетъ отличные отъ тѣхъ, которые составляютъ содержаніе старой, уже древней физики.

Не звучитъ ли надъ нами нота разочарованія? Мы были уже у самой истины, мы ее захватывали, и неожиданно она отодвинулась отъ насъ на неоцѣнимое по своей дальности разстояніе!

Да, но мы обнаружили, что задача физики заключается не только въ описаніи явленій, но и въ изысканіи соединяющихъ связей, т.-е. законовъ. Силою своихъ экспериментальныхъ и теоретическихъ методовъ она приближаетъ насъ къ единой реальности, лежащей далеко за предѣлами ощущаемаго.

Мы сознали еще разъ величіе и недосягаемую высоту истины, и это сознаніе является залогомъ непрерывающагося развитія и незатухающей жизни научной мысли.

Теорія электроновъ.

Г. Лоренца[1]).

9. *Строеніе тѣлъ.* При малыхъ скоростяхъ электромагнитная масса опредѣляется формулою

$$m = \frac{2}{3}\frac{\varepsilon^2}{R}, \qquad (7)$$

откуда, зная ε и m, можно вычислить R—радіусъ электрона.

Результаты, къ которымъ пришелъ Кауфманъ относительно массы отрицательнаго электрона, выдвигаютъ дальнѣйшій вопросъ, существуетъ-ли вообще дѣйствительная масса. Можно себѣ представить, что вся вѣсомая матерія составлена изъ электроновъ и что вся кинетическая энергія движущагося тѣла состоитъ въ энергіи электромагнитныхъ полей. Если бы это предположеніе подтвердилось, то не электромагнитныя явленія надо толковать механически, а скорѣе механическія явленія слѣдуетъ толковать электромагнитно.

Впрочемъ, мы еще не зашли такъ далеко и пока довольствуемся предположеніемъ, что свободный отрицательный электронъ не имѣетъ массы. Однако, если бы и не удалось всю матерію разрѣшить въ электроны, все-таки не подлежитъ никакому сомнѣнію, что электрическіе заряды атома представляютъ нѣчто очень существенное и что мы можемъ надѣяться сдѣлать очень важныя заключенія о строеніи атома изъ изслѣдованія испускаемыхъ атомомъ электрическихъ колебаній. Такъ теорія спектральныхъ линій и сложныхъ случаевъ зеемановскаго

[1]) Окончаніе см. стр. 37.

явленія, равно какъ связь этихъ явленій съ химическими, суть важныя задачи теоріи электроновъ.

Обратимся теперь къ явленіямъ, въ которыхъ принимаютъ участіе электроны, заключенные въ вѣсомыхъ тѣлахъ. Я выбираю вопросъ, ведущій въ область электронной теоріи металловъ, которую такъ удачно развили Рике, Друде, Дж. Дж. Томсонъ и др. Прежде всего надо объяснить тѣсную связь между свойствами металловъ по отношенію къ электричеству и теплотѣ. Эту связь обнаруживаетъ уже то обстоятельство, что металлы одновременно проводятъ электричество и теплоту несравненно лучше всѣхъ другихъ тѣлъ; кромѣ того, чѣмъ бо̀льшую теплопроводность имѣетъ тѣло, тѣмъ бо̀льшую оно имѣетъ электропроводность. Если чрезъ k и k' назвать коэффиціенты теплопроводности тѣла при двухъ температурахъ, s и s' коэффиціенты теплопроводности того же тѣла при тѣхъ же температурахъ, то $(k'/s'):(k/s)$ постоянно для всѣхъ тѣлъ. Въ слѣдующей табличкѣ, составленной по опытамъ Егера и Дисельгорста, показаны въ 1-мъ столбцѣ значенія k/s для 18°, во 2-мъ k'/s' для 100°, а въ 3-мъ — ихъ отношеніе $(k/'s'):(k/s)$.

Таблица III.

	k/s	k'/s'	$k'/s':k/s$		k/s	k'/s'	$k'/s':k/s$
Al	636	844	1·32	Cd	706	905	1·28
Cu	665	862	1·30	Pb	715	935	1·31
Ag	686	881	1·28	Sn	735	925	1·26
Au	727	925	1·27	Pt	753	1013	1·35
Ni	699	906	1·30	Pd	754	1017	1·35
Zn	672	876	1·29	Fe	838	1114	1·32

Указанный законъ, если и не совсѣмъ, то приблизительно, вѣренъ для многихъ металловъ.

Коэффиціентъ теплопроводности k означаетъ количество тепла (выраженное въ единицахъ работы), которое въ одну секунду проходитъ чрезъ квадратный центиметръ, если по нормальному къ нему направленію паденіе температуры $= 1°/1$ cm. Коэффиціентъ электропроводности означаетъ количество элек-

тричества, протекающее въ секунду чрезъ квадратный центиметръ, если по нормальному къ нему направленію дѣйствуетъ электрическая сила $=1$.

Мы привели только отношенія k/s; что же касается самихъ коэффиціентовъ k и s, то они измѣняются въ довольно широкихъ границахъ; такъ для висмута $k=8\cdot 1.10^{5}$ и $s=$ $=0\cdot 84.10^{-5}$, а для серебра $k=421.10^{-5}$ и $s=61\cdot 4.10^{-5}$. Вы видите, что значенія k/s значительно меньше различаются между собою.

Легко найти путь, по которому надлежитъ итти. Естественно представлять себѣ электрическій токъ, какъ поступательное движеніе электроновъ въ промежуткахъ между атомами проводника. Если между процессами распространенія электричества и тепла должна существовать связь, то мы должны тѣмъ же подвижнымъ электронамъ приписать роль носителей тепла.

Какъ же объяснить теплопроводность при помощи движенія электроновъ? Для этого обратимся къ теоріи, которая на первый взглядъ не имѣетъ ничего общаго съ нашею задачею, именно, къ кинетической теоріи газовъ. Вамъ извѣстно, что послѣдняя основана на гипотезѣ быстраго нестройнаго движенія частицъ; отмѣтимъ два важныхъ слѣдствія этой теоріи: во-первыхъ, средняя кинетическая энергія частицы даннаго газа пропорціональна его абсолютной температурѣ и, во-вторыхъ, при опредѣленной температурѣ эта средняя энергія частицы для всѣхъ газовъ имѣетъ одно и то же значеніе, именно αT, гдѣ α постоянная, одинаковая для всѣхъ газовъ. Впрочемъ, эта постоянная имѣетъ болѣе общее значеніе. Математическая теорія молекулярнаго движенія приводитъ къ заключенію, что каждая отдѣльная частичка, принимающая участіе въ движеніи молекулы, независимо отъ ея величины, будь то молекулы, атомъ или іонъ, и независимо отъ того, въ какомъ тѣлѣ она находится, въ среднемъ всегда имѣетъ эту кинетическую энергію. Вслѣдствіе этого мы положимъ, что и свободные электроны металла летаютъ взадъ и впередъ по всѣмъ направленіямъ и притомъ съ такими скоростями, что каждый имѣетъ въ среднемъ кинетическую энергію αT. Если мы примемъ, что отрицательные электроны движутся, и что силы ихъ столь малы, какъ это было указано выше, то имъ слѣдуетъ приписать чрезвычайно большую скорость. Если электронъ въ 2000 разъ меньше атома водорода

или въ 4000 разъ меньше молекулы водорода, то онъ долженъ двигаться со скоростью въ 60 разъ большею, чѣмъ скорость молекулы водорода, для того, чтобы имѣть такую же кинетическую энергію, какъ эта послѣдняя.

Далѣе мы должны представлять себѣ, что электроны также, какъ и молекулы газовъ, не могутъ летѣть на значительное разстояніе по одной прямой; они не только сталкиваются между собою, какъ частицы газовъ, но ихъ подвижность ограничивается еще атомами металла, которые ихъ стѣсняютъ. Мы будемъ представлять себѣ, что это послѣднее обстоятельство теперь играетъ главную роль и опредѣляетъ среднюю длину свободнаго прямолинейнаго пути электрона.

При составленіи нашей теоріи теплопроводности мы можемъ вполнѣ слѣдовать примѣру теоріи газовъ. Если вертикальный столбъ газа имѣетъ вверху болѣе высокую температуру, чѣмъ внизу, то въ верхнихъ слояхъ имѣются наибольшія молекулярныя скорости. Когда изъ этихъ слоевъ молекулы проникаютъ въ низшіе, и наоборотъ, когда молекулы, медленно движущіяся, проникаютъ вверхъ, то температура должна выравниваться, должна проводиться теплота.

Совершенно подобное происходитъ съ электронами въ металлѣ различно нагрѣтомъ въ разныхъ мѣстахъ; и здѣсь все зависитъ отъ длины пути, проходимаго электрономъ прямолинейно: чѣмъ больше эта длина, тѣмъ дальше проникаютъ электроны изъ одного слоя въ другой, что способствуетъ переносу энергіи, т. е. проведенію тепла.

Руководясь этими соображеніями, Друде вывелъ формулу для коэффиціента теплопроводности. Я приведу ее только въ простѣйшемъ видѣ для случая, когда въ металлѣ имѣются лишь одного рода электроны, если принять всѣ эти частички одинакими. Обозначая чрезъ N ихъ число въ единицѣ объема, чрезъ u среднюю скорость ихъ теплового движенія и l—среднюю длину пути, Друде находитъ

$$k = \frac{1}{3} \alpha N l u. \tag{8}$$

И для электрической проводимости тепловое движеніе играетъ роль и длина свободнаго пути имѣетъ вліяніе. Это вытекаетъ изъ слѣдующихъ соображеній: пока на металлъ не дѣй-

ствуютъ электрическія силы, движеніе электроновъ нестройно; они летаютъ взадъ и впередъ по всѣмъ направленіямъ, причемъ ни одно изъ направленій не имѣетъ преимущества. Электрическая сила вноситъ нѣкоторый порядокъ: подъ вліяніемъ этой силы движенія по ея направленію совершаются чаще, чѣмъ по другимъ направленіямъ.

Можно сказать, что рядомъ съ неправильнымъ движеніемъ устанавливается теченіе по одному направленію. Если бы удалось опредѣлить скорость этого теченія, то мы вычислили бы число электроновъ, проходящихъ въ единицу времени чрезъ площадку въ □ cm., нормальную къ электрической силѣ; помножая это число на зарядъ отдѣльнаго электрона ε, получаемъ величину электрическаго тока; а раздѣляя токъ на числовую величину электрической силы, мы получимъ искомый коэффиціентъ электропроводности, σ.

Электрической силѣ предстоитъ тутъ сизифова работа: едва сила успѣетъ сообщить электрону небольшую скорость, какъ онъ останавливается, ударившись объ атомъ металла, или принимаетъ движеніе по совершенно иному направленію. Слѣдующимъ образомъ мы можемъ провести вычисленіе, удовлетворяясь первымъ приближеніемъ. Назовемъ τ среднюю продолжительность между двумя столкновеніями; къ извѣстному моменту электроны послѣ послѣдняго своего столкновенія съ атомомъ подвергаются дѣйствію электрической силы въ теченіе $\tau/2$; за этотъ промежутокъ они пріобрѣтаютъ скорость $\varepsilon E\tau/2m$, ибо на частичку дѣйствуетъ сила εE, вызывающая въ ней ускореніе $\varepsilon E/m$.

Послѣ этого скорость нашего теченія будетъ $\varepsilon E\tau/2m$ или $\varepsilon lE/2mu$ (ибо $\tau = l/u$). Помножая это выраженіе на $N\varepsilon$, получаемъ плотность тока, т. е. токъ, проходящій чрезъ единицу площади:

$$j = \frac{\varepsilon^2 N l E}{2mu}$$

или, такъ какъ мы уже приняли $mu^2/2 = \alpha T$,

$$j = \frac{\varepsilon^2 N l u E}{4 \alpha T};$$

отсюда, полагая $E=1$, находимъ коэффиціентъ электропроводности

$$(8_a) \qquad \sigma = \frac{\varepsilon^2 Nlu}{4\alpha T}.$$

Если эту формулу сравнить съ (8), то видимъ, что онѣ обѣ имѣютъ факторомъ Nlu; величины Nul, вѣроятно, очень различныя въ разныхъ металлахъ, сокращаются при дѣленіи, и отношеніе

$$(9) \qquad \frac{k}{s} = \frac{4}{3}\left(\frac{\alpha}{\varepsilon}\right)^2 T$$

содержитъ лишь величины, независящія отъ специфическихъ свойствъ металла. Такимъ образомъ Друде дѣйствительно удалось объяснить постоянство k/s для разныхъ металловъ; и это составляетъ одно изъ блестящихъ завоеваній электронной теоріи. Его формула показываетъ, что k/s возростаетъ пропорціонально абсолютной температурѣ; отъ 18^0 до 100^0 Ц. T—возростаетъ въ $373/295 = 1{\cdot}28$ разъ; это число очень близко къ значеніямъ отношеній, которыя приведены въ послѣднемъ столбцѣ предыдущей таблички.

При оцѣнкѣ этихъ результатовъ не слѣдуетъ терять изъ виду, что безъ теоріи электроновъ не было бы никакого основанія усматривать связь между обѣими проводимостями.

Друде нашелъ ближайшее подтвержденіе своихъ формулъ, принявъ во вниманіе абсолютныя значенія величинъ. Если значенія k/s взять изъ опыта, то изъ уравненія (9) можно опредѣлить α/ε, а слѣдовательно и $\alpha T/\varepsilon$ для всякой температуры. Но это же отношеніе можно найти и изъ другихъ данныхъ. Мы приведемъ здѣсь разсужденіе Рейнганума.

Такъ какъ ε есть зарядъ одного іона водорода, то число іоновъ водорода въ одномъ электрохимическомъ эквивалентѣ будетъ $1/\varepsilon$. Представимъ себѣ теперь, что въ одномъ кубическомъ центиметрѣ помѣщается какъ разъ одинъ электрохимическій эквивалентъ, т. е. 0·00104 gr. водорода въ газообразномъ состояніи при температурѣ T, для которой мы нашли k/s. Это количество газа будетъ производить опредѣленное давленіе,

которое легко опредѣлить, и которое мы назовемъ p. Нашъ газъ состоитъ изъ $1/\varepsilon$ атомовъ или, такъ какъ онъ двухатомный, изъ $1/2\varepsilon$ молекулъ; полная энергія поступательнаго движенія этихъ частицъ $= (mu^2/2) \,.\, 1/2\varepsilon = \alpha T/2\varepsilon$. По основнымъ формуламъ кинетической теоріи газовъ давленіе равно 2/3 этой величины, слѣдовательно

$$p = \frac{\alpha T}{3\varepsilon}\,.$$

Сравнивая эту формулу съ (9), находимъ

$$\sqrt{\frac{3\,k\,T}{4\,s}} = 3p. \qquad (10)$$

Такъ какъ при 0^0 и давленіи $1 atm$ (т. е. $1{\cdot}013.10^6$ *C. G. S.*) въ куб. центиметрѣ помѣщается 0·0000896 gr. водорода, то при 18^0 Ц.

$$3\,p = 3.\,1{\cdot}013.10^6\,\frac{1040}{899}\,\frac{291}{273} = 38.10^5;$$

между тѣмъ, если взять значеніе k/s, найденное для серебра, то для той же температуры находимъ опять

$$\sqrt{\frac{3kT}{4s}} = 38.10^5.$$

Такое полное совпаденіе двухъ чиселъ, для вычисленія коихъ данныя были взяты изъ совершенно различныхъ частей физики, очень замѣчательно.

10. *Термоэлектричество.* Тѣ же самыя представленія можно примѣнить, какъ это уже дѣлали Рике и Друде, къ другимъ явленіямъ, къ термоэлектрическому току и къ явленіямъ названнымъ по именамъ Пельтье, Томсона и Голля. Я не могу подробно излагать всѣ эти вопросы, а ограничусь краткимъ указаніемъ, какъ эти явленія объясняются, если свободные электроны имѣются лишь одного рода, напр. отрицательные.

Пусть два куска различныхъ металловъ A и B соприкасаются. Если такая система будетъ имѣть повсюду одинакую температуру, то въ ней устанавливается состояніе равновѣсія, при

чемъ возникаетъ разность потенціаловъ, такъ называемая электрическая разность контакта.

Мы будемъ выходить изъ представленія, что въ металлѣ свободные электроны отдѣляются отъ атомовъ процессомъ диссоціаціи, и что равновѣсіе диссоціаціи устанавливается, когда на единицу объема каждаго металла приходится особое опредѣленное число электроновъ, зависящее отъ температуры. Если въ A это число меньшее, чѣмъ въ B, тогда—благодаря своему тепловому движенію—электроны переносятся чрезъ раздѣльную поверхность изъ металла B въ A. Можно сказать, что отрицательное электричество испаряется въ первомъ металлѣ и осѣдаетъ во второмъ. Впрочемъ, существуетъ причина, полагающая скоро конецъ этой перегонкѣ электричества. Скопленіе отрицательнаго заряда въ A и соотвѣтственное скопленіе положительнаго заряда въ B вызываютъ разность потенціаловъ, подъ вліяніемъ которой перемѣщеніе отрицательныхъ частицъ въ одномъ направленіи, именно къ A, замедляется, а въ другомъ ускоряется. Когда вслѣдствіе этого электроны начнутъ въ равныхъ числахъ перемѣщаться въ обѣ стороны, то разность потенціаловъ достигаетъ своего окончательнаго значенія.

Вотъ механизмъ явленія, называемаго *электрическою разностью контакта*.

Если, принимая во вниманіе разность температуръ и соотвѣтственное напряженіе теплового движенія, подобныя разсужденія примѣнимъ къ обоимъ спаямъ и замѣтимъ, что разность температуръ вызываетъ въ каждомъ изъ металловъ перемѣщеніе электроновъ въ опредѣленномъ направленіи, то можно составить выраженіе для электродвижущей силы термоэлектрической цѣпи.

Мнѣ нѣтъ надобности приводить окончательную формулу; скажу только, что дѣло сводится къ отношенію N_1 и N_2, означающихъ числа свободныхъ электроновъ въ обоихъ металлахъ. Если N_1 и N_2 не зависятъ отъ температуръ или измѣняются при нагрѣваніи въ одномъ отношеніи, то электродвижущая сила пропорціональна разности температуръ спаевъ. Зависимость между электродвижущею силою и температурами сложнѣе, если N_1/N_2 есть функція температуры.

Что касается абсолютной величины электродвижущей силы, то теорія приводитъ къ очень простому и замѣчательному правилу.

Представимъ себѣ отдѣльный электронъ, перемѣщающійся по всей термоэлектрической цѣпи; при этомъ электродвижущая сила совершаетъ опредѣленную работу. Величина послѣдней лишь множителемъ, зависящимъ отъ N_1/N_2, отличается отъ разности вышеупомянутой величины αT_1 при температурахъ спаевъ. Эту разность можно также разсматривать какъ приращеніе средней кинетической энергіи молекулы, которое она получаетъ когда газъ отъ температуры холоднаго спая нагрѣвается до температуры нагрѣтаго.

11. *Явленія Пельтье и Томсона.* Въ связи съ вопросомъ о возникновеніи термоэлектрическихъ токовъ стоитъ изслѣдованіе о тепловыхъ дѣйствіяхъ въ термоэлектрической цѣпи, когда по ней идетъ какой-нибудь токъ. Эта задача требуетъ довольно сложныхъ вычисленій, но не представляетъ принципіальныхъ затрудненій. Нужно только имѣть въ виду: 1) энергію входящихъ электроновъ, 2) энергію выходящихъ электроновъ и 3) работу силъ, дѣйствующихъ на находящіеся въ металлѣ электроны. Такимъ образомъ изъ закона сохраненія энергіи мы опредѣляемъ количества тепла, которыя мы должны отнять отъ металла или ему сообщить, дабы поддержать температуру постоянною; говорятъ, что эти теплоты развиваются или поглощаются въ проводникѣ. Найденная величина состоитъ изъ трехъ частей; первая зависитъ исключительно отъ теплопроводности, вторая зависитъ отъ квадрата тока и соотвѣтствуетъ извѣстному закону Джауля; третій членъ нашего выраженія пропорціоналенъ первой степени тока и мѣняетъ свой знакъ съ перемѣною направленія тока; при одномъ направленіи тока онъ означаетъ выдѣленіе тепла, а при противоположномъ его направленіи — поглощеніе тепла; этотъ членъ соотвѣтствуетъ явленію Пельтье или Томсона, смотря по тому, примѣняютъ ли его къ спаю или къ однородному металлу, въ которомъ имѣетъ мѣсто паденіе температуры.

Замѣчательно, что находимыя здѣсь значенія соотвѣтствуютъ тѣмъ соотношеніямъ, къ которымъ приводитъ термодинамика.

12. *Явленіе Голля.* Я еще разъ вернусь къ дѣйствіямъ магнитнаго поля. Мы уже ознакомились съ дѣйствіемъ его на далеко летящіе электроны въ разрѣженномъ газѣ; подобныя же дѣйствія поле оказываетъ и на электроны въ металлѣ; такимъ дѣйствіемъ объясняется *явленіе Голля.*

Для наблюденія этого явленія поступаютъ такъ: чрезъ тонкій прямоугольный металлическій листочекъ $abcd$ (фиг. 6) пропускаемъ токъ по направленію стрѣлки; мѣстами входа и выхода тока пусть служатъ стороны ab и cd. На другихъ сторонахъ прямоугольника отыщемъ двѣ точки p и q, въ которыхъ потенціалы имѣютъ равныя значенія, такъ что если ихъ соединить проволокою, то въ нее не будетъ отвѣтвляться токъ. Но гальванометръ, включенный въ эту проволоку, показываетъ токъ, если развивается магнитное поле перпендикулярное къ пластинкѣ; этотъ токъ остается постояннымъ, пока величина „главнаго" тока и напряженіе поля не измѣняются. Опытъ показалъ, что голлевскій токъ пропорціоналенъ какъ главному току, такъ и напряженію магнитнаго поля (если только послѣднее не очень значительно); голлевскій токъ мѣняетъ направленіе, если измѣняется направленіе главнаго тока или магнитнаго поля.

Фиг. 6.

Объясненіе явленія совершенно просто по теоріи электроновъ. Представимъ себѣ опять, что электрическій токъ состоитъ изъ перемѣщеній отрицательныхъ электроновъ; пропустить токъ чрезъ пластинку въ направленіи стрѣлки, значитъ сообщить этимъ частичкамъ скорость направленную вверхъ; магнитнымъ полемъ, направленнымъ впередъ, эти частички отклоняются влѣво. Вслѣдствіе этого возникаетъ токъ въ отвѣтвѣтвленіи и потенціалъ на краѣ bd будетъ выше, чѣмъ на краѣ ac.

Нетрудно, хотя приблизительно, оцѣнить величину эффекта. Обозначимъ по прежнему ε зарядъ электрона, N — напряженіе магнитнаго поля, v скорость перемѣщенія электроновъ, т. е. общую скорость направленную вверхъ, которою они обладаютъ рядомъ съ нестройнымъ тепловымъ движеніемъ. Сила, съ которою поле дѣйствуетъ на движущійся электронъ, будетъ εvH; если края ac и bd изолированы, то разность ихъ потенціаловъ такова, что обусловливаемое ею электрическое поле напряженія f дѣйствуетъ на электронъ съ силою εf, которая уравновѣшиваетъ электромагнитную силу εvH. Такимъ образомъ мы имѣемъ

$$f = vH;$$

такъ какъ f и H измѣряются изъ опыта, то можно вычислить и v. Больцманъ вичислилъ эту скорость вслѣдъ за открытіемъ голлевскаго явленія. При этомъ оказалось, что даже при сильнѣйшихъ токахъ эта скорость чрезвычайно мала. Для мѣдной проволоки въ □ mm поперечнаго сѣченія, по которой протекаетъ токъ въ 1 амперъ, эта скорость около 0·005 cm/sec.; для никкеля она 0·2 cm/sec., тогда какъ для висмута она 90 cm/sec. Отсюда видно какъ малы измѣненія, которыя даже значительныя электрическія силы могутъ производить въ нестройномъ тепловомъ движеніи, при которомъ скорости достигаютъ иногда тысячи метровъ въ секунду.

13. *Оптическія свойства металловъ.* Въ заключеніе скажу нѣсколько словъ объ оптическихъ свойствахъ металловъ, связываемыхъ электромагнитною теоріею съ электрическими ихъ свойствами. Однимъ изъ первыхъ выводовъ Максвелля былъ тотъ, что хорошіе проводники должны быть непрозрачны. Указываемая теоріею связь между поглощательною способностью и электропроводимостью долго не подтверждалась опытамъ, пока въ послѣднее время Гагену и Рубенсу не удалось доказать, что для длинныхъ волнъ какъ поглощательная способность, такъ и испускательная способность даннаго металла можетъ быть вычислена изъ его электропроводности.

Этотъ важный результатъ, совершенно не зависящій отъ теоріи электроновъ, наводитъ на мысль, что къ металламъ, для которыхъ мы можемъ по теоріи Друде вычислить электропроводность, примѣнимо объясненіе поглощенія и испусканія свѣтовыхъ и въ особенности тепловыхъ лучей.

Слѣдуя по пути, указанному Друде, я вычислилъ поглощательную и испускательную способности металлической пластинки. Выраженіе для поглощательной способности получается, если ее вычислить по уравненіямъ теоріи Максвелла и затѣмъ подставить для проводимости выраженіе (8); тогда эта способность выразится уравненіемъ

$$A = \frac{\pi c}{\alpha T} N \varepsilon^2 u l \Delta,$$

въ которомъ c—скорость свѣта и Δ толщина пластинки. Эта формула опредѣляетъ ту часть энергіи падающихъ лучей, которую поглащаетъ металлъ.

Что касается лучеиспусканія, своей то я принялъ, что равномѣрно движущійся электронъ не испускаетъ лучей; онъ испускаетъ ихъ только при измѣненіи своей скорости, т. е. по сдѣланному нами допущенію — при ударѣ объ атомы металла. Для лучеиспускательной способности я нашелъ формулу

$$S = \frac{4\pi c^2}{3\lambda^4} N \varepsilon^2 u l \Delta.$$

Отсюда видно, что отношеніе S/A не зависитъ отъ толщины пластинки, какъ вообще отъ величинъ, которыми одинъ металлъ отличается отъ другого:

$$\frac{S}{A} = \frac{4}{3} \frac{c\alpha T}{\lambda^4}. \tag{11}$$

Этотъ результатъ согласуется съ знаменитымъ закономъ Кирхгоффа, по которому отношеніе лучепоглощенія къ лучеиспусканію для всѣхъ тѣлъ имѣетъ одно значеніе и есть совершенно общая функція температуры и длины волны. Эту функцію, хотя только для длинныхъ волнъ, мы нашли изъ теоріи электроновъ.

Надо замѣтить, что Планку въ его электромагнитной теоріи лучеиспусканія удалось опередить теорію электроновъ; для отношенія S/A ему удалось вывести совершенно общую формулу, годную для всякой длины волны и температуры. Къ счастію наша формула тождественна съ формулою этого физика для длинныхъ волнъ.

Изъ своей формулы Планкъ вывелъ замѣчательныя заключенія; мы можемъ сдѣлать такія заключенія изъ формулы (11), не оставляя почвы электронной теоріи. Величина S/A опредѣляетъ именно и лучеиспускающую способность обсолютно чернаго тѣла, такъ какъ для него $A = 1$. Но лучеиспусканіе чернаго тѣла, какъ полное, такъ и для отдѣльныхъ лучей, изслѣдовано опытомъ.

Благодаря изслѣдованіямъ Луммера, Прингсгейма и Курльбаума, можно найти абсолютныя значенія $c\alpha T/\lambda^4$ для всякой длины волны и температуры; слѣд. находится и αT для всякой температуры. Такимъ образомъ опредѣляется средняя кинетическая энергія отдѣльной частицы газа. Если на эту величину раздѣлить полную кинетическую энергію газа, оцѣниваемую по давленію, то получаемъ число частицъ газа. Если знаемъ и

массу всего газа, то легко найти массу отдѣльной частицы, напр. частицы водорода; половина будетъ массою атома водорода.

Если массу атома водорода раздѣлить на электрохимическій эквивалентъ водорода, то получимъ зарядъ іона водорода, т. е. зарядъ электрона. Если этотъ результатъ связать съ величиною ε/m для отрицательнаго электрона, то найдемъ значеніе m, а изъ ур. (7) радіусъ электрона.

Полученныя такимъ образомъ числа собраны въ IV табличкѣ. Хотя возможно, что эти числа придется нѣсколько измѣнить, когда теорія будетъ строже разработана, все-таки порядокъ величинъ опредѣленъ совершенно надежно.

Табл. IV

$$\alpha = 1{\cdot}6.10^{-6} Erg/1^0.$$

Лошмидтовское число	$3{\cdot}5.10^{19}$.
Масса атома водорода	$1{\cdot}3\ 10^{-24}$ gr.
Зарядъ электрона	$1{\cdot}3.10^{-20}$ эл.-маг. ед.
Масса отрицат. электрона . . .	$7{\cdot}4.10^{-28}$ gr.
Радіусъ отриц. электрона . . .	$1{\cdot}5.10^{-13}$ cm.

Микрофотографія въ ультра-фіолетовомъ свѣтѣ[1]).

А. Келера.

Элементарная теорія объектива микроскопа основана на свойствахъ свѣтовыхъ лучей. Изслѣдуютъ, всѣ-ли лучи, исходящіе изъ какой-нибудь точки предмета, соединяются въ сопряженной точкѣ изображенія. Изображеніе визируемой плоскости было-бы по этой теоріи совершенно подобно предмету, если-бы всѣ аберраціи, которыми занимается геометрическая оптика, были исправлены съ достаточной точностью. Отвлекшись отъ дидактическаго значенія, которымъ эта теорія обладаетъ для начинающаго, несомнѣнно, что во многихъ случаяхъ она объясняетъ то, что видно въ микроскопѣ или въ другихъ оптическихъ инструментахъ.

Но какъ только дѣло идетъ о микроскопическомъ воспроизведеніи самыхъ тонкихъ подробностей, она вступаетъ въ противорѣчіе съ фактами. Физика даетъ намъ объясненіе этого противорѣчія. Она показываетъ, что свѣтовые лучи, разсматриваемые геометрическою оптикою, въ дѣйствительности не существуютъ, и учитъ насъ, что распространеніе свѣта происходитъ аналогично распространенію звука въ воздухѣ или волнъ на водѣ. До тѣхъ поръ, пока размѣры воспроизводимаго микроскопомъ представляются величиною бо́льшаго порядка, чѣмъ длины дѣйствующихъ свѣтовыхъ волнъ, результаты, даваемые элементарною теоріей, хорошо согласуются съ наблюдаемыми фактами, но какъ только это условіе не выполняется, образованіе микроскопическихъ изображеній переходитъ въ явленіе диффракціи, подчиненное законамъ волнообразнаго движенія.

---

[1]) Докладъ съ демонстраціями, сдѣланный Dr. A. Köhler'омъ на послѣднемъ съѣздѣ нѣмецкихъ натуралистовъ въ Бреславлѣ.

I.

Теорія микроскопа, основанная на диффракціи, была дана почти одновременно Гельмгольцемъ для свѣтящихся точекъ и Аббе для освѣщенныхъ предметовъ. Не вдаваясь въ подробности этихъ изслѣдованій, мы здѣсь только напомнимъ самый важный результатъ, къ которому они привели: изображенія, образованныя микроскопомъ, перестаютъ быть подобными предметамъ, какъ только размѣры изслѣдуемой структуры оказываются величинами того-же порядка, какъ и длина свѣтовой волны. Когда этотъ предѣлъ достигнутъ, изображеніе предмета —если будетъ еще позволено употребить это выраженіе—не есть уже, какъ прежде, только простое увеличеніе проекціи предмета на визируемой плоскости, но скорѣе родъ схемы, воспроизводящей, съ бо́льшей или меньшей вѣрностью, общее расположеніе элементовъ структуры.

Впрочемъ, сама схема исчезаетъ по крайней мѣрѣ, когда элементы структуры періодически повторяются, и когда размѣры каждаго элемента становятся меньше половины длины дѣйствующей свѣтовой волны. Эта величина можетъ быть разсматриваема какъ граница разъединяющей способности.

Схематическое воспроизведеніе отдѣльныхъ частицъ достигаетъ, правда, какъ это показалъ Зидентопфъ, размѣровъ значительно меньшихъ. Но методъ Зидентопфа приложимъ только къ опредѣленному классу предметовъ, на который мы только что указали, и, даже для этихъ предметовъ, какъ равно и для всѣхъ остальныхъ, подобное или соотвѣтственное воспроизведеніе можетъ переходить за достигнутые предѣлы лишь при условіи употребленія меньшей длины волны.

Длина свѣтовой волны λ связана съ числомъ колебаній N и со скоростью распространенія v уравненіемъ:

$$\lambda = \frac{v}{N},$$

которое показываетъ, что для уменьшенія длины волны нужно уменьшить скорость и увеличить число колебаній.

Наблюденіе микроскопомъ почти всегда совершается при бѣломъ свѣтѣ, наиболѣе дѣйствующіе лучи котораго, свѣтло-

зеленые лучи спектра, дѣлаютъ 545 билліоновъ колебаній въ секунду. Если ограничиться употребленіемъ бѣлаго свѣта, то N дано, а для уменьшенія λ остается только первое изъ двухъ указанныхъ средствъ: уменьшеніе скорости распространенія v. Чтобы осуществить это средство, изучаемый препаратъ погружаютъ въ такую среду, для которой скорость v мала или, что то-же самое, показатель преломленія великъ.

При этомъ полное дѣйствіе, которое оно въ состояніи дать, достигается лишь при условіи, что выбранная свѣтопреломляющая среда наполняетъ все пространство, заключающееся, съ одной стороны, между верхнею поверхностью конденсатора и предмета, и съ другой стороны, между этимъ предметомъ и передней поверхностью микроскопа. Объективы съ иммерсіей осуществляютъ этотъ пріемъ. Увеличеніе разъединяющей способности, которое они даютъ, измѣряется ихъ нумерическимъ отверстіемъ, т. е. произведеніемъ показателя преломленія иммерсіонной жидкости на синусъ полу-угла отверстія. Наиболѣе распространенные иммерсіонные объективы, системы съ однородной иммерсіей, имѣютъ нумерическое отверстіе равное 1,30 — 1,40, т. е. ихъ разъединяющая способность превосходитъ таковую сухой идеальной системы, имѣющей отверстіе въ 180°, отъ 30% до 40%.

Иммерсія въ монобромнафталинѣ, по вычисленію Аббе, даетъ даже увеличеніе въ 60%; но увеличеніе это не могло быть вполнѣ утилизировано на практикѣ, такъ какъ бо̀льшая часть препаратовъ не выноситъ иммерсіи въ монобромнафталинѣ. Вообще всякій дальнѣйшій успѣхъ на этомъ пути кажется невозможнымъ, такъ какъ пока неизвѣстна среда съ показателемъ преломленія значительно большимъ, которую можно было-бы съ пользою употребить для помѣщенія въ нее испытуемаго препарата. Не прибѣгая къ жидкости особенно сильно преломляющей, можно, однако, достигнуть большей разъединяющей способности, утилизируя второе указанное средство: увеличеніе числа колебаній. Для этого стоитъ только употребить вмѣсто лучей бѣлаго свѣта лучи съ бо̀льшимъ числомъ колебаній, напримѣръ, синіе или фіолетовые.

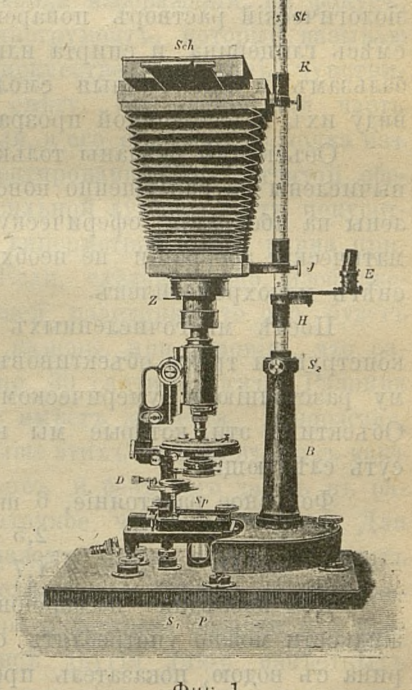
Если я не ошибаюсь, то Амичи былъ первый, который показалъ въ данномъ случаѣ преимущество синихъ и фіолетовыхъ лучей, и съ тѣхъ поръ этими цвѣтами пользовались

много разъ для разъединенія самыхъ тонкихъ подробностей. Однако, въ виду того, что чувствительность и зрительная острота нашей сѣтчатой оболочки для этихъ цвѣтовъ не велика, нужно было замѣнить глазъ микрофотографіей, чтобы использовать указанные преимущества синихъ и фіолетовыхъ лучей. Слѣдуя по этому пути, мнѣ удалось сдѣлать шагъ впередъ, воспользовавшись ультра-фіолетовымъ свѣтомъ, длина волнъ котораго еще короче, нежели длина волнъ двухъ только-что упомянутыхъ цвѣтовъ. Этотъ свѣтъ больше не производитъ впечатлѣнія на нашу сѣтчатую оболочку, но и этотъ недостатокъ нашего глаза восполняетъ опять-же фотографія.

II.

Примѣненіе ультра-фіолетоваго свѣта къ микрографическимъ изслѣдованіямъ требуетъ: освѣтительнаго прибора; особой оптики микроскопа; инструмента, который обнаруживалъ-бы изображенія, сами по себѣ невидимыя, и микрофотографической камеры. Эта послѣдняя незначительно отличается отъ обыкновенныхъ моделей.

Фигура 1-я изображаетъ микроскопъ и камеру во время съемки. S_1—винтъ, закрѣпляющій основаніе микроскопа; P—отражательная призма изъ кварца для направленія падающаго горизонтальнаго пучка свѣта по оси микроскопа; Sp — плоское зеркало для наблюденія изображенія искры на пластинкѣ уранового стекла; D — подвижное кольцо съ діафрагмою для уранового стекла, на фигурѣ оно отодвинуто въ сторону отъ оси микроскопа. B — вертикальная ножка камеры; S_2 — зажимной винтъ; St—раздѣленный вращающійся стержень, H—подвижная подставка для искателя E, служащаго для установки при-



Фиг. 1.

бора на фокусъ глазомъ, на фигурѣ искатель *E* сдвинутъ въ сторону отъ микроскопа; *J* и *K*—два подвижныхъ зажима для камеры; *Z*—фотографическій затворъ; *Sch*—кассета. Источникомъ свѣта мнѣ служитъ потокъ электрическихъ искръ, проскакивающихъ между двумя кадміевыми или магніевыми электродами, а искры образуются при помощи Лейденской банки, заряжаемой индуктивной катушкой. Свѣтъ, исходящій изъ этого источника, разлагается спектральнымъ аппаратомъ, а этотъ послѣдній состоитъ изъ кварцевыхъ чечевицъ и призмъ.

Для этихъ изслѣдованій полезны только радіаціи въ 275μμ (кадмій), или 280μμ (магній), отдѣляемыя отъ остальныхъ помощью діафрагмы ирисъ. Діафрагма образуетъ входное отверстіе къ кварцевому конденсатору, который замѣняетъ обыкновенный стеклянный конденсаторъ и приводитъ на испытуемый препаратъ болѣе или менѣе широкій конусъ свѣта. Самый препаратъ заключенъ между предметной пластинкой изъ кварца, или изъ особаго стекла *UV*, пропускающаго лишь ультрафіолетовые лучи, и покровной пластинкой изъ плавленнаго кварца. Какъ заполняющую жидкость, можно употреблять воду, физіологическій растворъ поваренной соли, растворъ глицерина, смѣсь глицерина и спирта или вазелиновое масло. Канадскій бальзамъ и аналогичныя смолы не слѣдуетъ употреблять въ виду ихъ недостаточной прозрачности.

Объективы сдѣланы только изъ плавленнаго кварца; они вычислены по совершенно новой формулѣ фонъ-Рора и исправлены на аберраціи сферическую и синуса. Поправка на хроматическія аберраціи не необходима, такъ какъ дѣйствующій свѣтъ монохроматиченъ.

Послѣ многочисленныхъ попытокъ мы остановились на конструкціи трехъ объективовъ, признанныхъ по ихъ фокусному разстоянію и нумерическому отверстію за апохроматическіе. Объективы эти, которые мы называемъ монохроматическими, суть слѣдующіе:

Фокусное разстояніе,	6 mm.;	нумерное отверстіе,	0,35
» »	2,5 » ;	» »	0,85
» »	1,7 » ;	» »	1,25

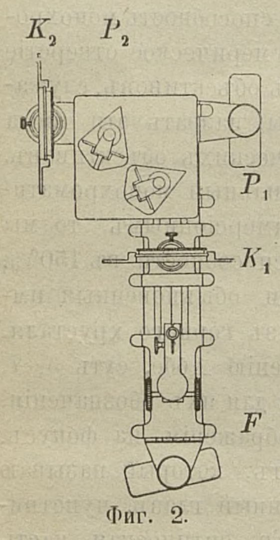
Два послѣдніе—иммерсіонные. Въ качествѣ иммерсіонной жидкости можно употреблять смѣсь химически чистаго глицерина съ водою, показатель преломленія которой почти равенъ

показателю преломленія плавленнаго кварца. Эти монохроматическіе объективы, предназначенные для свѣта, длина волны котораго равна половинѣ длины волны бѣлаго свѣта, обладаютъ такою-же разъединяющею способностью, какъ обыкновенные объективы съ двойнымъ нумерическимъ отверстіемъ, т. е., ихъ разъединяющая способность равна 0,7; 1,7 и 2,5. Эти цифры характеризуютъ разъединяющую способность монохроматическихъ объективовъ такъ-же, какъ нумерическое отверстіе характеризуетъ разъединяющую способность объективовъ, служащихъ при бѣломъ свѣтѣ. Я предложилъ-бы назвать эти числа относительнымъ отверстіемъ монохроматическихъ объективовъ.

Если мы сравнимъ дальше самый сильный монохроматическій объективъ съ объективомъ не иммерсіоннымъ, то мы констатируемъ увеличеніе разъединяющей способности въ 150%, сравнительно съ 30—40%, которые давали обыкновенныя иммерсіи. Чечевицы окуляровъ дѣлаются изъ горнаго хрусталя. Ихъ увеличенія, вычисленные по опредѣленію Аббе, суть 5, 7, 10, 14 и 20; они служатъ въ то же время для ихъ обозначенія.

Для наблюденія и для установки изображенія на фокусъ, я построилъ вспомогательный инструментъ, который называю искателемъ. Это, такъ сказать, искусственный глазъ, чувствительный къ ультра-фіолетовому свѣту. Его оптическая часть изготовлена изъ горнаго хрусталя, а его сѣтчатая оболочка изъ флуоресцирующаго стекла. Спроектированное на сѣтчатой оболочкѣ изображеніе изслѣдуется сильной лупой. Этотъ искусственный глазъ довольно зорокъ; гиперметропія его равна приблизительно тремъ діоптріямъ. Если, слѣдовательно, изображеніе отчетливо на флуоресцирующей пластинкѣ, то оно будетъ такимъ-же на матовомъ стеклѣ камеры, при условіи, что растяженіе ея равно приблизительно 30 сантиметрамъ. Разница въ нѣсколько сантиметровъ не имѣетъ значенія. Безполезно, впрочемъ, мѣнять растяженіе выше этихъ предѣловъ, такъ какъ пять указанныхъ раньше окуляровъ и безъ того даютъ въ распоряженіе изслѣдователя достаточное число увеличеній. Для наблюденій съ искателемъ и глазомъ болѣе всего подходитъ магніевая линія $\lambda = 280\mu\mu$. Изслѣдованія Пфлюгера еще недавно подтвердили, что въ ультра-фіолетовой области она превосходитъ по интенсивности всѣ другія линіи извѣстныхъ свѣтовыхъ источниковъ. Для фотографіи, однако, предпочти-

тельнѣе остановиться на кадміевой линіи $\lambda = 275\mu\mu$, радіація которой болѣе однородна. Вслѣдствіе этого кадміева линія даетъ болѣе ясныя изображенія, ибо, какъ замѣчено раньше, эти объективы не исправлены на хроматическія аберраціи. Для этихъ работъ служатъ обыкновенныя фотографическія пластинки, а не ортохроматическія.



Фиг. 2.

На фиг. 2-й изображенъ освѣтительный аппаратъ для ультра-фіолетоваго свѣта, разсматриваемый сверху. F — разрядникъ; K_1 — коллиматоръ; P_1 и P_2 — призмы изъ горнаго хрусталя, раздѣляющія радіаціи различной длины волны, которыя исходятъ изъ источника свѣта F; K_2 — коллекторъ, собирающій лучи одинаковой длины волны и образующій изображеніе искры. По выходѣ изъ коллектора лучи желаемой длины волны падаютъ на отражательную призму P (фиг. 1), которая направляетъ ихъ въ конденсаторъ микроскопа.

III.

Окончательное изученіе тонкихъ подробностей возможно только при помощи фотографіи; превосходство фотографическихъ пластинокъ надъ флуоресцирующими обнаруживается здѣсь такъ же ясно, какъ и при спектральныхъ изслѣдованіяхъ въ ультра-фіолетовой области. Уже при моихъ первыхъ изслѣдованіяхъ я замѣтилъ, что ультра-фіолетовый свѣтъ не только даетъ увеличеніе разъединяющей способности, осуществить которое инымъ способомъ невозможно, но кромѣ того, онъ даетъ неожиданно второе преимущество. Многія вещества, какъ напр., хроматинъ ядеръ, ороговѣвшія клѣтки эпидермы, волокна хрусталика, для ультра-фіолетовыхъ лучей почти не прозрачны. Такимъ образомъ эти тѣла сами по себѣ производятъ дифференцированія, обнаружить которыя до сихъ поръ было возможно только съ помощью искусственнаго окрашиванія фиксированныхъ тканей.

Между растительными тканями кутикула, пробковое дерево и одеревенѣвшія перепонки обнаруживаютъ подобную-же не-

прозрачность. Лучи короткой длины волны могутъ, слѣдовательно, оказать услугу даже въ такихъ изслѣдованіяхъ, гдѣ увеличеніе разъединяющей способности не представляло-бы интереса. Самый слабый монохроматическій объективъ, разъединяющая способность котораго не достигаетъ таковой въ сильныхъ сухихъ системахъ, можетъ принести пользу въ работахъ такого рода.

Скажу больше. Ультра-фіолетовое освѣщеніе можетъ привести къ интереснымъ результатамъ, когда наблюдаютъ даже съ обыкновенными объективами, такъ какъ нѣкоторыя части тканей, освѣщаемыя ультра-фіолетовымъ свѣтомъ, обнаруживаютъ настолько сильную флуоресценцію, что, благодаря этому лучеиспусканію, ихъ можно изслѣдовать обыкновенными сухими, но сильными объективами, безъ помощи другого источника свѣта. Эта флуоресценція дѣйствуетъ настолько сильно на глазъ, что я долженъ былъ искать средствъ ослабить ея вліяніе въ искателѣ. На фотографической пластинкѣ, конечно, ея дѣйствіе исчезаетъ рядомъ съ болѣе энергичнымъ дѣйствіемъ ультрафіолетоваго свѣта.

Въ моихъ первыхъ изслѣдованіяхъ эта флуоресценція была явленіемъ лишнимъ, и съ ея вреднымъ вліяніемъ мнѣ приходилось бороться; только въ послѣднее время я изучилъ ее лучше, и мнѣ пришло на мысль, что ея цвѣтъ могъ-бы служить для распознаванія различныхъ частей тканей. Флуоресцирующій свѣтъ клѣточной оболочки изъ клѣтчатки имѣетъ голубой оттѣнокъ; кутикула въ одномъ случаѣ давала бѣлый свѣтъ, въ другомъ—желтый. Въ послѣднемъ случаѣ, впрочемъ, она сама была окрашена въ желтый цвѣтъ.

Кромѣ того, извѣстно, что ультра-фіолетовый свѣтъ можетъ вызывать энергичныя физіологическія дѣйствія. Для ихъ изученія также можетъ быть употребленъ нашъ приборъ, какъ показываетъ недавно опубликованный мемуаръ Герцеля.

Лучи короткой длины волны даютъ намъ такимъ образомъ возможность идти далеко впередъ въ изученіи столь сложной структуры организованной матеріи. Невидимые человѣческому глазу, эти лучи точно призваны помочь нашимъ чувствамъ въ тѣхъ случаяхъ, когда нашъ глазъ отказывается оказать намъ свою обычную услугу.

Физическій кабинетъ.

1. *Явленіе Пельтье.* Очень простой и наглядный способъ демонстрированія этого явленія передъ большой аудиторіей состоитъ въ томъ, что токъ отъ 1—2 аккумуляторовъ, силою отъ 4 до 10 амперъ, пропускается предварительно въ теченіе 1—5 минутъ черезъ термоэлектрическую батарею, послѣ чего термобатарея переключается на лекціонный гальванометръ. Отклоненіе стрѣлки послѣдняго свидѣтельствуетъ о термоэлектрическомъ токѣ, вызываемомъ явленіемъ Пельтье въ спаяхъ термобатареи.

Въ слѣдующей таблицѣ приведены данныя, собранныя А. Н. Динникомъ на основаніи его опытовъ въ Кіевскомъ Политехническомъ Институтѣ съ термобатареею Гюльхера и большимъ гальванометромъ Гартмана-Брауна, градуированнымъ въ миллиамперахъ.

Сила тока въ амперахъ . .	4	4	4	4	10	10
Время пропусканія тока въ минутахъ	1	2	3	5	1	3
Сила термоэлектрическаго тока послѣ переключенія термобатареи въ м. амп. . . .	5	8	11	13	20	35

Эти числа ясно указываютъ, что подобный эфектъ легко можетъ наблюдать большая аудиторія; наблюденіе это тѣмъ удобнѣе, что самое явленіе длится нѣсколько минутъ.

2. *Новый клей для физическихъ аппаратовъ.* На основаніи своей долгой практики Вальтеръ рекомендуетъ вмѣсто хрупкаго и непрочнаго сургуча такъ называемый *пицеинъ* (ріх-смола), особый продуктъ добываемый New-York-Hamburger Gummiwaren Kompagnie. Пицеинъ плавится при 80°С; при комнатной температурѣ онъ обнаруживаетъ достаточную клейкость и прочность при склеиваніи даже тяжелыхъ частей приборовъ. Вмѣстѣ съ тѣмъ онъ достаточно пластиченъ, вслѣдствіе чего онъ не трескается даже при склеиваніи такихъ тѣлъ, у которыхъ коэффиціенты расширенія различны. Онъ очень удобенъ для соединенія стекла и металловъ.

Пицеинъ въ водѣ вовсе не растворяется, а въ спиртѣ растворяется только по прошествіи нѣсколькихъ дней; напротивъ

того, въ бензинѣ и терпентинѣ онъ растворяется и смывается легко. Для прочнаго склеиванія нужно оба предмета медленно прогрѣть до температуры плавленія пицеина.

Annalen. Drude, Bd. 18, 1905.

Библіографія.

Сборникъ по философіи естествознанія. Книгоиздательство «Творческая мысль». Москва, 1906, 250 стр., Ц. 1 р. 25 к.

Этотъ сборникъ содержитъ рядъ очень интересныхъ статей, которые раньше были напечатаны въ «Вопросахъ философіи и психологіи». Онъ начинается статьею *проф. Н. А. Умова*— «Значеніе Декарта въ исторіи физическихъ наукъ». Затѣмъ идутъ статьи: *Л. Н. Шукарева*—Проблема матеріи и теорія познанія. *Проф. И. Ф. Огнева*— Рѣчи Э. дю-Буа-Реймона и его научное міровоззрѣніе. *А. І. Бачинскаго*—Что такое натуралистическій идеализмъ? *А. Н. Щукарева*—Законы природы и законы общества. *Проф. В. И. Вернадскаго*—О научномъ міровоззрѣніи. *Н. М. Соловьева*—О необходимомъ вѣрованіи, лежащемъ въ основѣ математическаго мышленія. *А. І. Бачинскаго*—Духъ безконечно малыхъ или о возможномъ вліяніи математическихъ методовъ на черты научнаго міропониманія.

2. *Bouty*. Cours de Physique de l'École polytechnique par *M. J. Jamin*. Troisième supplément. Radiations. Électricité. Ionisation. Paris, Gauthier-Villars éditeur, 1906, VI+419 pages. 8 fr.

Въ 1883 г. Жаменъ и Бути выпустили второе изданіе весьма въ то время извѣстнаго большого курса физики Жамена. Но тотъ быстрый ростъ, который столь характеренъ для физики послѣднихъ двухъ десятилѣтій, быстро обезцѣнилъ бы это прекрасное руководство, если бы его не освѣжали время отъ времени періодическими дополненіями по важнѣйшимъ научнымъ вопросамъ. Теперь проф. Бути выпустилъ уже третье прибавленіе, посвященное вопросамъ дня: радіаціямъ, электричеству и іонизаціи.

Достоинства автора давно извѣстны всѣмъ интересующимся физикою, и потому вновь останавливаться на нихъ нѣтъ надобности. Можно сказать только, что сведеніе всѣхъ многочисленныхъ новѣйшихъ работъ въ одно стройное цѣлое сдѣлано умѣло и весьма кстати и что оно облегчитъ ихъ пониманіе для весьма многихъ.

Въ отдѣлѣ о радіаціяхъ (1—98 стр.) подробно разсмотрѣны вопросы: о лучеиспусканіи черныхъ тѣлъ; о давленіи радіацій; о лучеиспусканіи газовъ; объ инфра-красномъ спектрѣ и дисперсіи; о герцевскихъ волнахъ и безпроволочной телеграфіи.

Въ отдѣлѣ объ электричествѣ (99—201 стр.) разобраны новыя изслѣдованія объ электрической конвекціи; перемѣнные и многофазные токи; электролизъ; теорія іоновъ; теорія Нернста.

Въ отдѣлѣ объ іонизаціи (203—397 стр.) изучены: сгущеніе водяныхъ паровъ около наэлектризованныхъ ядеръ; общія свойства проводящихъ или іонизованныхъ газовъ; движеніе іоновъ; различные случаи іонизаціи; радіоактивность; діэлектрическая постоянная и діэлектрическое сцѣпленіе газовъ; искра; теорія разряда въ разрѣженныхъ газахъ; различные приборы.

Отъ книги вѣетъ свѣжестью, и она обѣщаетъ читателю много интереснаго.

3. *Dr. Richard Heilbrun.* Elementare Vorlesungen über Telegraphie und Telephonie. Berlin. Verlag von Georg Siemens, 1902—1905. XV+560 S. Mk. 14·40.

Только что вышелъ 9-й выпускъ этого интереснаго сочиненія, и имъ закончилось изданіе большого труда, посвященнаго телеграфіи и телефоніи. Эта книга имѣетъ свою исторію, которая выясняетъ ея особенности. Ея авторъ читалъ на эту тему рядъ лекцій передъ служащими на телеграфѣ, а потому изъ 24 лекцій первыя 10 онъ по необходимости посвятилъ элементарному изложенію вспомогательныхъ главъ ученія объ электричествѣ и магнитизмѣ, а послѣднія 14—телеграфіи и телефоніи, причемъ въ одиннадцатой лекціи онъ разсмотрѣлъ ученіе о звукѣ и волнахъ.

Въ числѣ основательно разобранныхъ вопросовъ можно указать способъ телеграфированія по системамъ Морзе, Юза, Бодо; телеграфированіе при помощи кабелей, телеграфированіе безъ проводовъ. Телефону и его службѣ посвящено двѣ отдѣльныя лекціи.

Книга написана просто и содержитъ 360 пояснительныхъ рисунковъ, подробное оглавленіе и тщательно составленный регистръ, съ помощью котораго она пріобрѣтаетъ характеръ справочной. Издана она хорошо.

Нужно думать, что эта книга скоро найдетъ свой кругъ читателей.
